



Emissões de CO_{2eq} associadas à atividade científica: caso de estudo da FCUL

Lyana Ruth Moreno Domingos

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Prof. Doutor João Manuel de Almeida Serra

Agradecimentos

Ao meu orientador, professor João Serra, pela disponibilidade, apoio e sugestões que tornaram possível a realização e conclusão desta dissertação.

À FCIências.ID, pela disponibilização dos dados sem os quais não seria possível a realização dos cálculos e resultados apresentados nesta dissertação.

À professora Carla Silva e ao colega Célio Saldanha, pela ajuda fundamental na realização dos cálculos e pela disponibilidade em esclarecer as minhas dúvidas.

À minha mãe, pelo apoio incondicional durante todo o meu percurso académico, principalmente durante a realização desta dissertação, e por nunca ter me deixado pensar em desistir. Sem ti nada disto seria possível.

Ao meu amor, Fábio Abreu, pelo incentivo e força que transmitiu nos momentos de desânimo e crises quando parecia que nada iria dar certo, e por sempre ter acreditado em mim.

Aos meus amigos por todo o carinho e palavras de encorajamento, em especial à Nélida pela paciência em ouvir diariamente todas as minhas queixas e frustrações, pelos conselhos e pelo apoio emocional.

A todos, os meus mais sinceros agradecimentos.

Resumo

Nos dias atuais, dado o aumento de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera ao longo das últimas décadas, é cada vez maior a preocupação em reduzir as emissões de gases nocivos ou compensar essas emissões. O aumento da concentração de GEE na atmosfera é resultado de ações antropogénicas que, por sua vez, apresentam uma elevada dependência de combustíveis fósseis. Os meios de transporte trouxeram avanços imensuráveis para a humanidade em quase todos sectores. Contudo esses avanços tiveram como consequência as emissões de GEE com impactes ambientais negativos, de tal modo que, nos últimos anos, a indústria de transportes vem demonstrando avanços no sentido de promover uma mobilidade sustentável com benefícios tantos para o meio ambiente como para a população. O deslocamento de pessoas para o trabalho, estudos, compras, férias, etc., dependem dos meios de transportes para que possam ser realizados, principalmente pela distância que é percorrida. Dessa forma, é importante contabilizar as emissões associadas a esses deslocamentos para que se possa ter noção da sua dimensão e procurar soluções para essas emissões. Foi nesse âmbito que este estudo foi desenvolvido. A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa tem o intuito de tornar o seu campus em um campus sustentável e um dos passos para que tal objetivo se torne realidade consiste em realizar um inventário total de emissões de GEE de todas as fontes e em todos os sectores. Este estudo é focado nas viagens a trabalho realizadas pelos 391 docentes e 171 investigadores que faziam parte dos recursos humanos no ano de 2019. Foram realizadas 2023 viagens sendo desse total, 810 viagens de carro, 304 viagens de táxi, 515 viagens de avião, 118 de autocarro, 226 de comboio, 39 de metro e 11 de ferry, deslocações responsáveis pela emissão de 319 toneladas de GEE no ano em questão e representando cerca de 0,568 toneladas de CO_{2eq} por docente/investigador. As viagens aéreas representam 88,7% do total de emissões, o equivalente a 283 toneladas de GEE emitidos em 2019. Estas emissões correspondem a cerca de 10 a 15% das emissões de CO_{2eq} previamente identificadas para a atividade da FCUL relativas às emissões do scope 1 e scope 2, para os anos anteriores.

Palavras-chaves: Emissões de GEE, Transportes, Atividade científica.

Abstract

Nowadays, given the increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere over the past few decades, there is a growing concern about reducing harmful gas emissions or offsetting these emissions. The increase in GHG concentration in the atmosphere is the result of anthropogenic actions that, in turn, have a high dependence on fossil fuels. The means of transport have brought immeasurable advances for humanity in almost all sectors, yet these advances have had as negative consequence the GHG emissions with negative environmental impacts, so that in recent years the transport industry has shown advances in promoting sustainable mobility with benefits for both the environment and the population. The displacement of people to work, studies, shopping, vacation, etc., depend on the means of transport so that they can be carried out, mainly because the distance that is traveled. Thus, it is important to count the emissions associated with these displacements so that one can understand their size and seek solutions to these emissions. It was in this context that this study was developed, the Faculty of Sciences of the University of Lisbon aims to make its campus a sustainable campus and one of the steps for this goal to become a reality is to carry out a total inventory of GHG emissions from all sources and in all sectors. This study focuses only on the business trips made by the 391 professors and 171 researchers who were part of human resources in 2019. There were 2023 trips, of which 810 were journeys by car, 304 taxi journeys, 515 by plane, 118 by bus, 226 by train, 39 by metro and 11 by ferry, those trips were responsible for the emission of 319 tons of GHG in the year in question and representing about 0.568 tons of CO_{2eq} per teacher/researcher. Air travel accounts for 88.7% of total emissions, equivalent to 283 tons of GHG emitted in 2019. These emissions correspond to about 10 to 15% of the CO_{2eq} emissions previously identified for FCUL's activity for scope 1 and scope 2 emissions for previous years.

Keywords: GHG emissions, Transports, Scientific activity.

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas	vii
Lista de siglas e notações	viii
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 O Aquecimento Global	1
1.2 Emissões no contexto académico.....	3
1.3 A Faculdade de Ciências e a sustentabilidade	4
1.4 Objetivos	4
Capítulo 2 - Emissões no sector dos transportes.....	6
2.1 Cenário europeu	7
2.2 Cenário nacional	9
2.3 Soluções propostas	10
2.3.1 No setor dos transportes	10
2.3.2 No contexto académico	10
Capítulo 3 - Metodologias	12
Enquadramento.....	12
Caso prático.....	13
3.1 Transporte rodoviário	14
Veículos de passageiros.....	14
Veículos pesados – autocarros urbanos e de longo curso.....	16
3.2 Transporte aéreo.....	17
3.3 Transporte ferroviário	18
3.3.1 Comboio.....	18
3.3.2 Metro	19
3.4 Transporte marítimo	19
Capítulo 4 - Resultados	21
4.1 Transporte rodoviário	21
4.1.1 Veículos de passageiros	21
4.2.1 Veículos pesados – autocarros urbanos e de longo curso.....	24

4.2 Transporte aéreo.....	26
4.3 Transporte ferroviário	27
4.3.1 Comboio.....	27
4.3.2 Metro	29
4.4 Transporte marítimo	30
<i>Capítulo 5 - Discussão de resultados.....</i>	32
<i>Capítulo 6 - Propostas para redução de emissões</i>	35
Alternativas para os transportes rodoviários	35
Alternativas às viagens aéreas.....	36
Alternativas para companhias de transportes.....	36
<i>Capítulo 7 - Conclusões</i>	37
<i>Referências Bibliográficas</i>	39

Índice de Figuras

Figura 1.1: Evolução global da concentração de GEE na atmosfera	2
Figura 1.2: Evolução anual de emissões de origem antropogénica.....	2
Figura 2.1: Emissões diretas de GEE por tipo de transporte.....	6
Figura 2.2: Emissões de GEE dos transportes na Europa	7
Figura 2.3: Aumento de emissões de GEE em países europeus entre 1990 e 2017	8
Figura 2.4: Parcela de emissões de cada modo de transporte na Europa	8
Figura 2.5: Emissões de CO _{2eq} por sector	9
Figura 2.6: Emissões Geradas pelos transportes em Portugal.....	9
Figura 3.1: Organograma para escolha do método a ser seguido.....	13
Figura 3.2: Mapa europeu de fator de emissão para veículos de passageiros	15
Figura 4.1: Distância mensal acumulada - veículos próprios de docentes/investigadores.....	22
Figura 4.2: Emissões mensais - veículos próprios de docentes/investigadores	22
Figura 4.3: Distância mensal acumulada - táxi	23
Figura 4.4: Emissões mensais - táxi	24
Figura 4.5: Distância mensal acumulada - autocarro	25
Figura 4.6: Emissões mensais - autocarro	25
Figura 4.7: Distância mensal acumulada - avião.....	26
Figura 4.8: Emissões mensais - avião	27
Figura 4.9: Distância mensal acumulada - comboio	28
Figura 4.10: Emissões mensais - comboio	28
Figura 4.11: Distância mensal acumulada - metro	29
Figura 4.12: Emissões mensais - metro.....	30
Figura 4.13: Distância mensal acumulada - barco	31
Figura 4.14: Emissões mensais - barco	31
Figura 5.1: Emissões por modo de transporte	33

Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Intensidade carbónica por modo de transporte.....	14
Tabela 3.2: Intensidade carbónica de alguns países onde foram realizadas viagens de táxi....	16
Tabela 3.3: Intensidade carbónica por classe de autocarro	17
Tabela 3.4: Intensidade carbónica do comboio em diferentes países	18
Tabela 3.5: Intensidade carbónica do metro em diferentes cidades	19
Tabela 3.6: Estimativa da distância percorrida pelas embarcações	20
Tabela 4.1: Distância percorrida e emissões por mês	21
Tabela 4.2: Distância percorrida e emissões por mês	23
Tabela 4.3: Distância acumulada e emissões por mês	24
Tabela 4.4: Distância acumulada e emissões por mês	26
Tabela 4.5: Distância acumulada e emissões por mês	27
Tabela 4.6: Distância acumulada e emissões por mês	29
Tabela 4.7: Distância acumulada e missões por mês	30
Tabela 5.1: número de viagens per capita para cada modo de transporte	32
Tabela 5.2: Valores finais por modo de transporte	32
Tabela 5.3: Distância e emissões per capita	33
Tabela 7.1: Emissões per capita	37

Lista de siglas e notações

ACEA	European Automobile Manufacturers Association
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APPA	Association of Physical Plant Administrators
CFaR	Center for Facilities Research
CFC	Clorofluorcarbonetos
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
CO _{2eq}	Dióxido de carbono equivalente
EEA	European Environment Agency
FCUL	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
FE	Fator de emissão
GCD	Great Circle Distance
gCO _{2eq}	Gramma de dióxido de carbono equivalente
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	Greenhouse Gas
Gton	Giga tonelada
HDV	Heavy Duty Vehicles
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
km	Quilómetro
km/h	Quilómetro por hora
LDV	Light Duty Vehicles
METU	Middle East Technical University
Mton	Mega tonelada
NCN	Nearly Carbon Neutral
N ₂ O	Óxido nitroso
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico
O ₃	Ozono
pkm	Passageiro-quilómetro
UE-27	União Europeia com 27 estados-membro
UCSB	University of California, Santa Barbara

Capítulo 1 - Introdução

1.1 O Aquecimento Global

Não é novidade que durante as últimas décadas a preocupação em reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), assim como os impactos ambientais causados por essas emissões, é evidente em todo o mundo e, o principal responsável por essas emissões é a utilização de combustíveis fósseis para quase tudo.

Desde o início dos tempos, o clima da Terra variou entre eras de gelo e períodos mais quentes, mas no último século a temperatura do planeta tem aumentado a um nível consideravelmente acelerado. Cientistas denominaram esse fenômeno de Aquecimento Global e acreditam que está inteiramente ligado à atividade humana. Isso porque com o início da revolução industrial, o consumo em massa e, principalmente, a queima de combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás naturais pelas fábricas, centrais de produção de energia e o setor dos transportes foram responsáveis pela libertação de quantidades grandes de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases como o metano (CH_4), para a atmosfera. Outras atividades como o desmatamento descontrolado, para fins comerciais ou mesmo para permitir a expansão territorial das grandes metrópoles, foram (e continuam sendo) mais um agravante do problema do aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, por impedir a absorção e eliminação desse gás em processos naturais como a fotossíntese. Esses gases são responsáveis pelo armazenamento do calor perto da superfície da Terra num processo natural conhecido como efeito estufa e, por isso, são denominados de gases de efeito estufa.

Os principais GEE que se tem conhecimento são: dióxido de carbono (CO_2), vapor de água, metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonetos (CFC's) e ozono (O_3), e são capazes de absorver radiação com comprimento de onda longos (na faixa do infravermelho) e são, ao mesmo tempo transparentes à radiação com comprimento de onda mais curtos tais como a radiação visível, ou seja, os GEE absorvem muito pouca ou quase nenhuma radiação visível, como a proveniente do sol por exemplo.[1]

O efeito estufa é um processo que começa com a energia irradiada pelo sol, grande parte dessa radiação (cerca de 70%) que chega à Terra, entra no sistema terrestre enquanto que os restantes 30% são refletidos de volta para o espaço. A radiação que chega à superfície faz aumentar a temperatura. Por sua vez, a superfície terrestre emite radiação novamente para o espaço como radiação infravermelha que, como foi citado anteriormente, é retida pelos GEE presentes na atmosfera e novamente re-emitada em todas as direções sendo uma parte perdida para o espaço. Deste modo os GEE retêm a radiação infravermelha impedindo que o calor seja dissipado e ajudam a manter a superfície terrestre aquecida. [1]

Em quantidades normais, os GEE são essenciais para manter a temperatura média na Terra favorável para que possa haver a vida tal como conhecemos no planeta, o problema começa quando quantidades muito acima das consideradas normais se encontram na atmosfera, principalmente de gases como o CO_2 e o CH_4 pois a quantidade de calor retida é muito maior e a temperatura média da superfície terrestre aumenta gradualmente, dando origem ao aquecimento global.

A figura 1.1 representa o aumento global da concentração do dióxido de carbono, metano e do óxido nitroso.

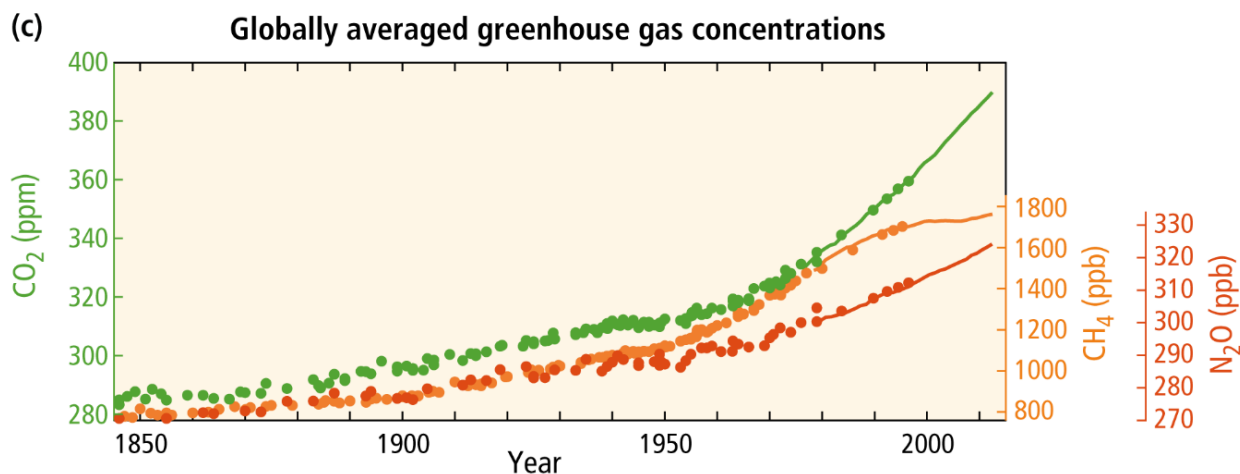


FIGURA 1.1: EVOLUÇÃO GLOBAL DA CONCENTRAÇÃO DE GEE NA ATMOSFERA

FONTE: “CLIMATE CHANGE SYNTHESIS REPORT”, IPCC, 2014 [2]

Da análise da figura 1.1, é possível notar um crescimento significativo da concentração desses três gases por volta do início do ano de 1900, época que coincide com a segunda fase da revolução marcada por inúmeros avanços tecnológicos na área industrial e aperfeiçoamento das tecnologias já existentes, assim como o surgimento de novas fontes de energia como o petróleo, carvão e a eletricidade. É nessa época que surge também o motor a combustão.[3]

A figura 1.2 representa a evolução das emissões de gases de efeito estufa derivados de atividade humana entre 1970 e 2010.

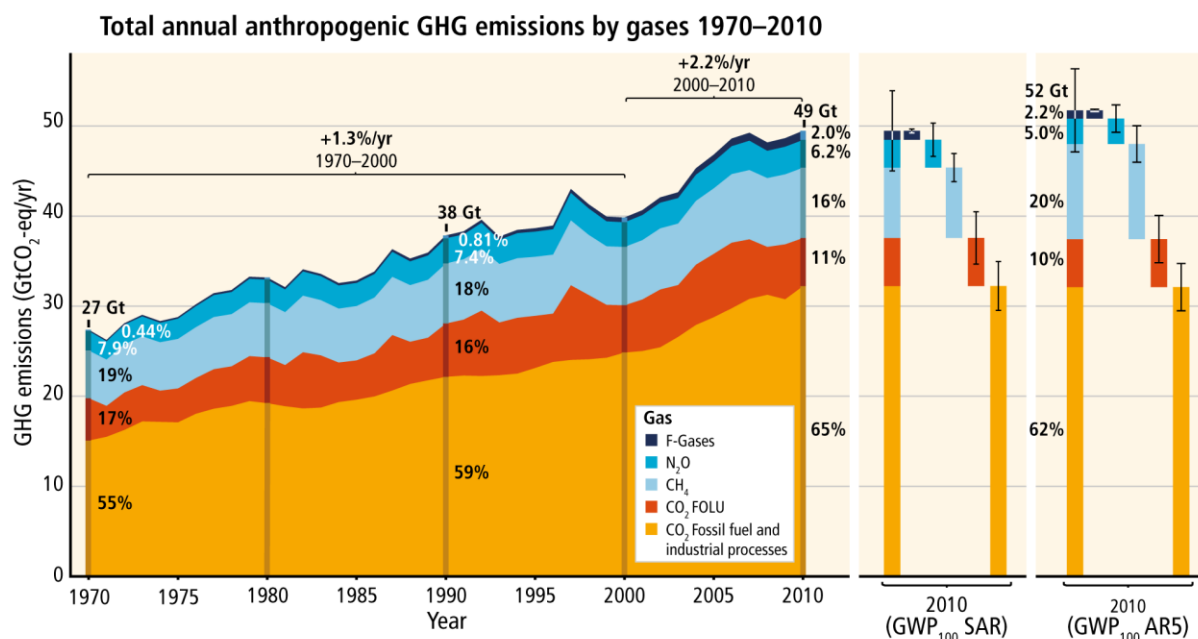


FIGURA 1.2: EVOLUÇÃO ANUAL DE EMISSÕES DE ORIGEM ANTROPOGÊNICA

Fonte: “Climate change synthesis report”, IPCC, 2014 [2]

As emissões totais de GEE de origem antropogénica mostram um crescimento significativo entre 1970 e 2010, com aumentos absolutos maiores entre 2000 e 2010, apesar do número crescente de políticas de mitigação das alterações climáticas, chegando a atingir $49 \pm 4,5$ Gton $\text{CO}_{2\text{eq}}$ /ano em 2010. As emissões

de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis fósseis e dos processos industriais contribuíram com cerca de 78% do aumento total das emissões de GEE entre 1970 e 2010. A nível global, o crescimento económico continuou a ser o mais importante impulsionador do aumento das emissões de CO₂ derivadas da combustão de combustíveis fósseis. Por outro lado, o contributo do crescimento populacional entre 2000 e 2010 manteve-se aproximadamente idêntico ao das três décadas anteriores. [2]

Evidências sobre o aquecimento global incluem uma lista recente de anos muito quentes, quantidades recordes de CO₂ e CH₄ em testemunhos de gelo e o derretimento dos gelos do Ártico são apenas alguns exemplos. Enquanto a preocupação com o crescimento económico dos países não for relacionado diretamente com o conceito de sustentabilidade ambiental, a concentração de GEE na atmosfera continuará a aumentar e as consequências previstas para o aquecimento global passam por mudanças climáticas drásticas e súbitas, aumento do nível dos oceanos podendo levar ao desaparecimento de zonas costeiras e ilhas, aumento da frequência de desastres naturais como furacões, períodos de seca mais frequentes e longos em áreas mais quentes do planeta e extinção de espécies animais e vegetais que não se conseguirem adaptar às mudanças.

1.2 Emissões no contexto académico

No contexto académico, as emissões são provenientes de várias fontes tais como o aquecimento dos edifícios das universidades, as deslocações de alunos e funcionários para a universidade, deslocações para conferências, palestras e intercâmbios, consumo de eletricidade, etc.

Dentre essas fontes, as viagens aéreas quer seja para conferências internacionais, workshops ou investigação científica, no caso do corpo docente, quer seja para Erasmus ou mobilidade de estudos (intercâmbio), no caso dos alunos, são as que mais contribuem para a pegada carbónica de uma instituição académica. Viagens para conferências internacionais, por exemplo, são muito importantes para a troca de informações e contactos. Além disso, pesquisas com colaborações internacionais têm maior probabilidade de serem citadas, e trazem reconhecimento internacional que muito provavelmente irá aumentar o prestígio do docente ou investigador e, conseqüentemente, da instituição para a qual trabalha [4]. Docentes que viajam com mais frequência têm em média 40% mais chances de conseguirem uma citação do que aqueles que não viajam ou o fazem com menor frequência [5].

Um estudo realizado pela Universidade da Califórnia em Santa Barbara (UCSB), nos Estados Unidos, conclui que cerca de 1/3 da pegada carbónica da universidade é consequência de viagens aéreas para palestras, reuniões e conferências. A quantidade anual de CO₂ emitida equivale à pegada carbónica anual de uma cidade com 27500 habitantes nas Filipinas, um número superior à soma de todos os alunos com graduação, pós-graduação e corpo docente da UCSB, enquanto as recomendações científicas indicam que as emissões de GEE não sejam superiores ao nível per capita atual das Filipinas. Uma única viagem transcontinental, de ida e volta, liberta cerca de uma tonelada de CO_{2eq} por passageiro, que é o equivalente à quantidade anual de emissões recomendada por cada indivíduo no planeta, para limitar o aumento da temperatura média global num valor abaixo de 1,5°C [6].

O cientista climático do *Jet Propulsion Laboratory* da NASA, Peter Kalmus, depois de ter feito os cálculos da sua própria pegada carbónica descobriu que 2/3 das suas emissões anuais de GEE provinham das viagens aéreas, de e para conferências e reuniões, realizadas por ele, em trabalho. O restante 1/3 das emissões tinham como fonte o seu carro, o uso de eletricidade, uso de gás natural para aquecimento interno da sua moradia, a sua dieta alimentar, entre outros [6].

O caso do cientista Peter Kalmus chama atenção para um assunto bastante discutido: a pegada carbónica de profissionais que se dedicam ao estudo de mudanças climáticas e sustentabilidade e que muitas vezes

se intitulam de pró-ambiente. Seria de se esperar que esses profissionais repudiassem comportamentos tão poluentes como viagens aéreas frequentes. Contudo, análises das suas pegadas carbónicas têm afetado imenso a sua credibilidade, tal como foi comprovado num estudo onde se concluiu que cerca de 32% de todas as acusações de hipocrisia contra esses mesmos profissionais mencionam os seus hábitos de viagem, na maior parte das vezes feitas em trabalho, como quando viajam para dar palestras sobre aquecimento global e mudanças climáticas [7].

1.3 A Faculdade de Ciências e a sustentabilidade

A Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa não fica indiferente aos problemas ambientais que vêm sendo enfrentados por todos, e já há alguns anos vem tomando medidas para reduzir os seus impactos das mais diversas formas.

- Aumento da eficiência energética do campus

Desde 2013, houve substituição progressiva de todas as fontes de iluminação do campus por tecnologia LED. Instalação de uma central solar fotovoltaica com potência de 200kW, sendo a maior potência já instalada numa instituição de ensino superior em Portugal, para compensar a utilização de energia elétrica e ainda, racionalização dos sistemas de aquecimento [8].

- Gestão do uso de água

Através da identificação de fugas em condutas subterrâneas bem como a sua substituição por outras instaladas à superfície, eliminando dessa forma consumos inúteis. E ainda, a substituição progressiva de lavabos e torneiras antigas por torneiras equipadas com sensor e a uma racionalização da do uso de água, resultando numa diminuição da utilização de água potável de cerca de 3000m³/ano [9].

- Gestão de resíduos

São produzidos anualmente no campus cerca de 300 toneladas de resíduos indiferenciados, 150 toneladas de resíduos recicláveis e 18 toneladas de resíduos sujeitos a condições especiais de eliminação. A quantidade de resíduos enviados para reciclagem tem aumentado anualmente graças à colocação de ecopontos exteriores em zonas estratégicas do campus e pequenos ecopontos no interior dos edifícios [10].

- Emissões de GEE

O campus começa agora a ter a preocupação em identificar as suas maiores fontes de emissões de GEE nas mais diversas áreas a fim de encontrar soluções que permitam a redução dessas mesmas emissões. Em 2019 estimaram-se emissões associadas ao consumo de eletricidade, queima de gás natural para aquecimento dos edifícios e utilização de combustíveis em veículos da faculdade, entre 2014 e 2017, sendo o consumo de eletricidade responsável pela maior fração das emissões no campus [11].

A FCUL tenciona implementar ainda mais medidas para reduzir as suas emissões.

1.4 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo estimar a pegada carbónica associada à atividade académica de docentes e investigadores da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no ano de 2019. Ou seja, o estudo é focado essencialmente nas emissões de CO₂ e equivalentes relacionadas com as deslocações realizadas pelos docentes e investigadores em trabalho, dentro e fora de Portugal, usando os diversos modos de transporte:

- Transporte aéreo;
- Transporte rodoviário;
- Transporte ferroviário;
- Transporte marítimo.

Pretende-se ainda a identificação de possíveis alternativas para reduzir essas emissões nos próximos anos e, assim, tornar o campus da FCUL num campus cada vez mais sustentável e amigo do ambiente.

Capítulo 2 - Emissões no sector dos transportes

Tendo em conta que o tema desta dissertação está relacionado com emissões de GEE associadas a deslocações realizadas pelos mais variados meios de transporte, este trabalho foca-se inteiramente no setor de transportes.

Este setor é, sem dúvida alguma, um dos que mais contribuem para emissões de GEE em todo o mundo. Em 2010 o setor produziu sozinho cerca de 7 Gton de CO_{2eq} em emissões diretas e foi responsável por cerca de 23% do total de emissões associadas ao consumo de energia, o que traduzido em números equivale a 6,7 Gton de CO_{2eq}. Mas os números não param por aí. Apesar da produção de veículos cada vez mais eficientes e políticas de emissões zeros serem implementadas, as emissões associadas a transportes podem continuar a aumentar com taxas de crescimento mais elevadas do que as emissões derivadas do consumo final de energia, e atingir valores de aproximadamente 12 Gton CO_{2eq}/ano em 2050.

As emissões deste setor quase que triplicaram entre 1970 e 2010 a nível mundial, com um aumento de 250%, passando de 2,8 Gton de CO_{2eq} em 1970, referentes a emissões diretas, para um total de 7 Gton de CO_{2eq} em 2010. Cerca de 80% desse crescimento é referente a veículos rodoviários, como se pode constatar na figura 2.1 [12].

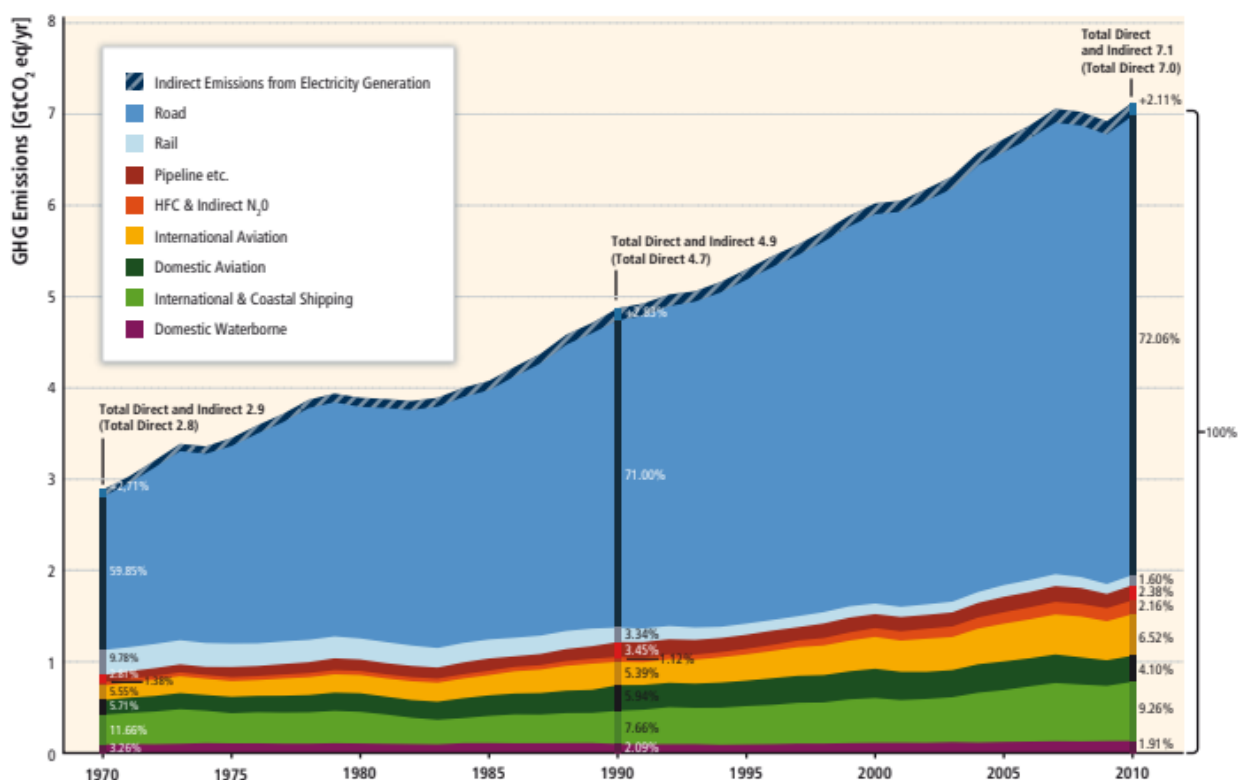


FIGURA 2.1: EMISSÕES DIRETAS DE GEE POR TIPO DE TRANSPORTE

Fonte: “Mitigation of climate change, Chapter 8: Transport”, IPCC, 2014 [12]

2.1 Cenário europeu

Na Europa o padrão das emissões repete-se, dados de *European Environment Agency* (EEA) indicam que no ano de 2017, cerca de 27% do total de emissões foram provocadas direta ou indiretamente pelo setor dos transportes. Esse valor cai para 22% quando excluídas as emissões relativas a viagens internacionais aéreas e marítimas. No mesmo ano as emissões foram 28% superiores às de 1990 apesar da diminuição observada entre os anos de 2008 e 2013.

Dentro do setor dos transportes, viagens aéreas internacionais foram responsáveis pelo maior aumento de emissões acima dos níveis de 1990, mais de 129%, seguido pelos transportes marítimos internacionais com um aumento de 32% e transportes rodoviários com 23% de aumento. Esse aumento pode ser observado na figura 2.2 [13].

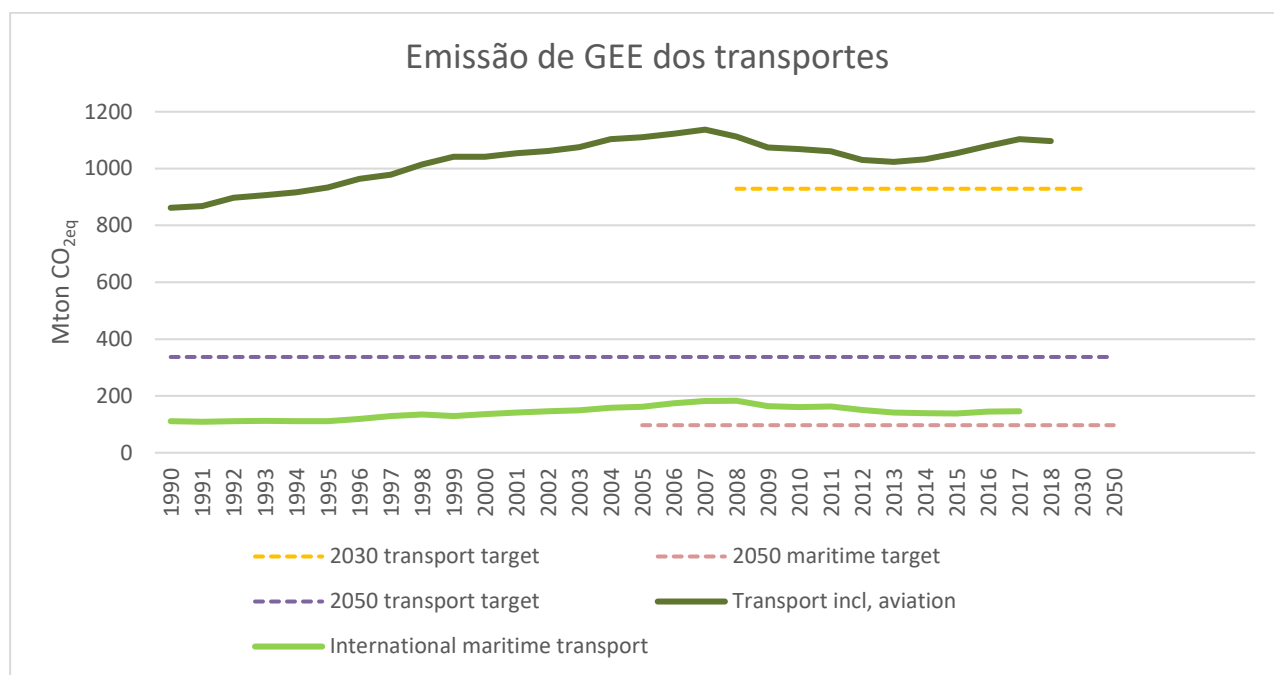


FIGURA 2.2: EMISSÕES DE GEE DOS TRANSPORTES NA EUROPA

Adaptado de: EEA, 2019 [13]

A figura 2.2 representa a evolução das emissões na Europa desde 1990 a 2018 para o transporte marítimo individualmente e para os restantes transportes (incluindo aviação), bem como as metas estabelecidas de emissões futuras para 2030 e 2050. As metas preveem um aumento de 8% em relação ao ano de 1990 para 2030, redução de 60%, até 2050, em comparação com 1990 e uma redução de 40% nas emissões do transporte marítimo em relação a 2005 [13].

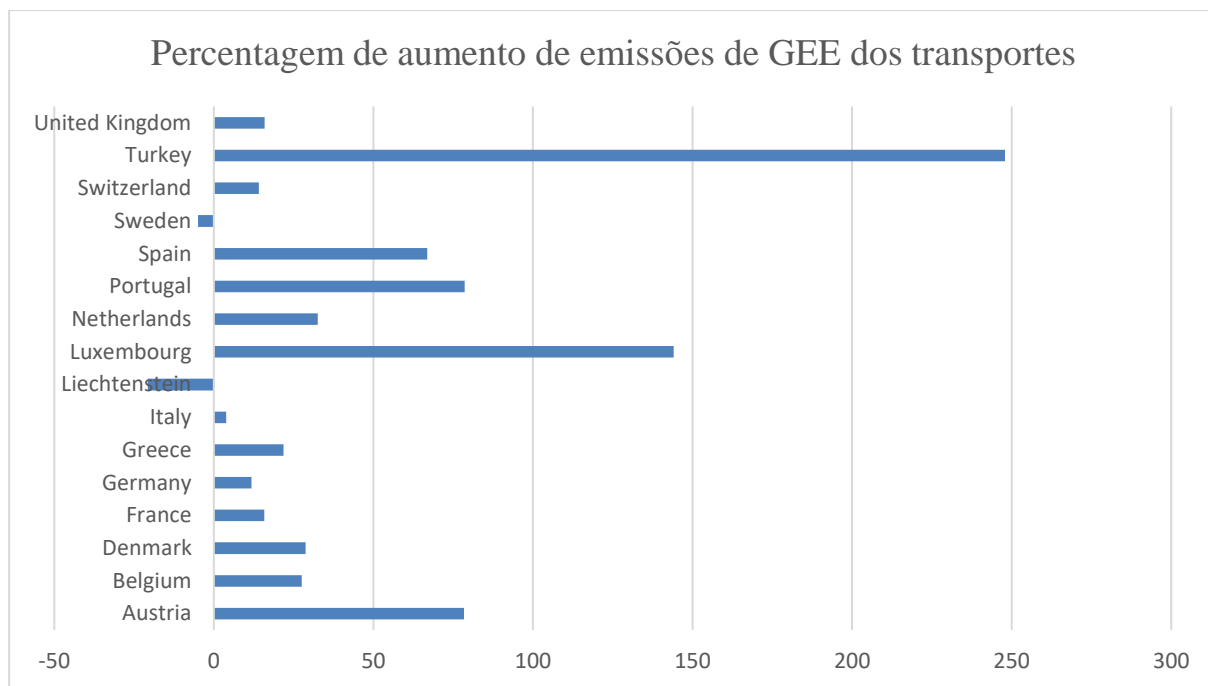


FIGURA 2.3: AUMENTO DE EMISSÕES DE GEE EM PAÍSES EUROPEUS ENTRE 1990 E 2017

Adaptado de: EEA, 2019 [13]

O aumento dos níveis de emissões entre 1990 e 2017 em Portugal foi de 78,6%.

A figura 2.4 ilustra a distribuição das emissões de GEE em 2017, na Europa, por tipo de transporte na qual se pode constatar que os veículos rodoviários foram responsáveis por 71,7% das emissões de todo o setor de transporte, sendo 44% desse total proveniente de automóveis de passageiros, 19% de veículos pesados e 9% de veículos comerciais leves [13].

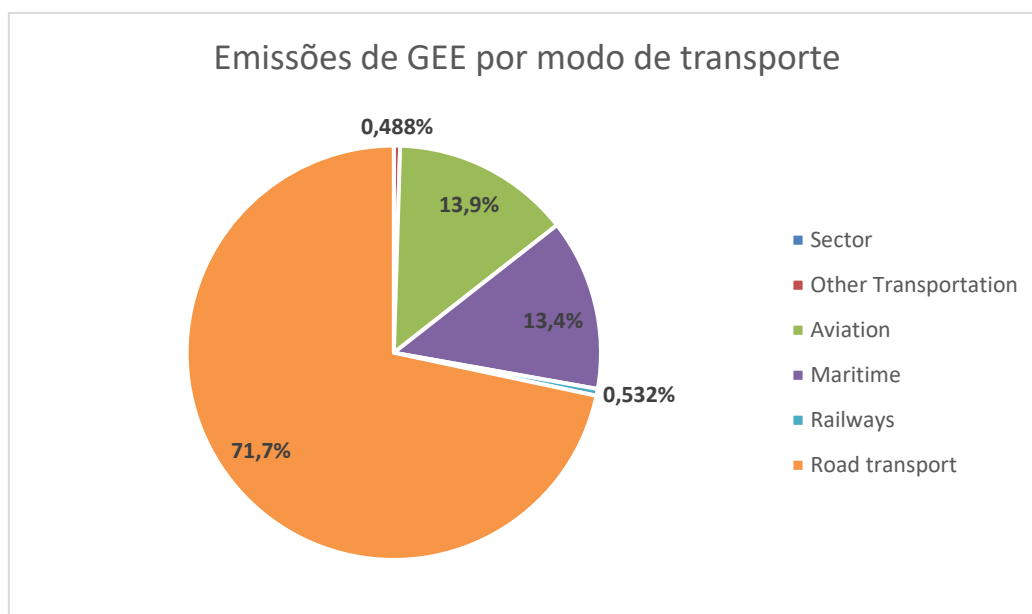


FIGURA 2.4: PARCELA DE EMISSÕES DE CADA MODO DE TRANSPORTE NA EUROPA

Adaptado de: EEA, 2019 [13]

2.2 Cenário nacional

Em Portugal, segundo o inventário de emissões da APA, no ano de 2018 os transportes foram responsáveis por 26% do total das emissões nacionais [14].

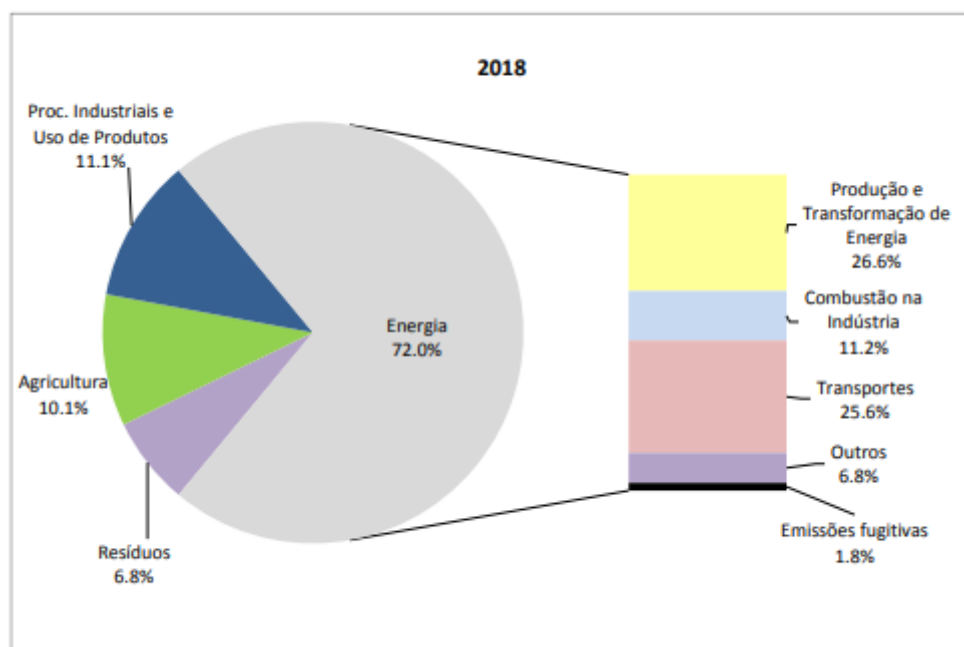


FIGURA 2.5: EMISSÕES DE CO₂eQ POR SECTOR

Fonte: Inventário nacional de emissões, APA, 2020 [14]

Dentro do setor dos transportes, onde prevalece o transporte rodoviário, houve um aumento de 59% das emissões entre 1990 e 2018, tendo ocorrido um aumento contante das emissões até o ano 2000 e um decréscimo a partir de 2006 até 2013 e, de seguida, um novo aumento no valor das emissões nos anos seguintes. Entre os anos 2000 e 2005 verificou-se uma estabilização dos valores de emissão nos transportes [14].

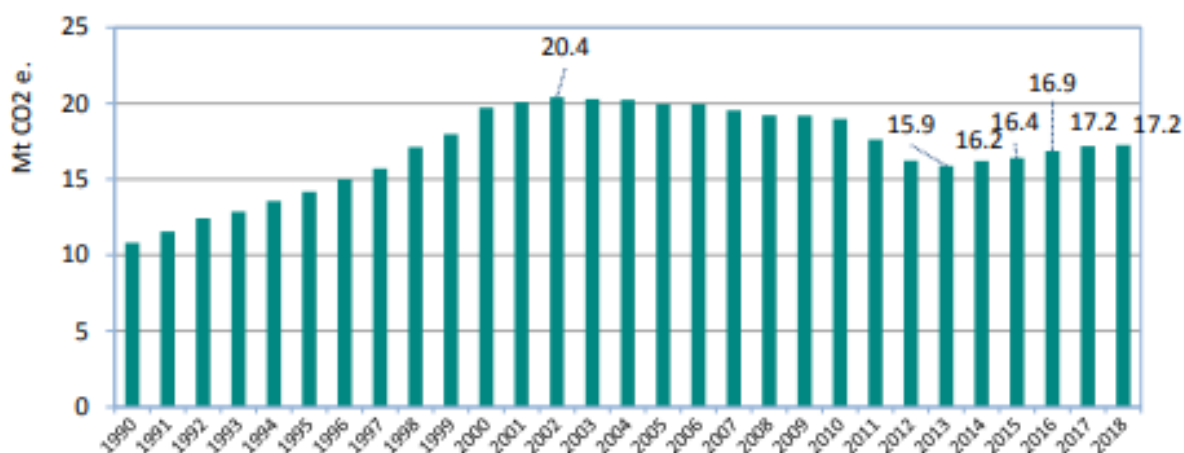


FIGURA 2.6: EMISSÕES GERADAS PELOS TRANSPORTES EM PORTUGAL

Fonte: Inventário nacional de emissões, APA, 2020 [14]

Desde 1990, o ano com maior registo de emissões no país foi o ano de 2002 com um total de 20,4 milhões de toneladas de CO_{2eq}.

2.3 Soluções propostas

2.3.1 No setor dos transportes

No setor dos transportes, as metas para redução de emissões de GEE, citados no *Fourth Assessment Report (AR4)* do IPCC [17], incluem medidas como:

- implantação de tecnologias para reduzir as partículas e o carbono negro, particularmente nos países da OCDE;
- interesse renovado no gás natural como combustível, comprimido para veículos rodoviários e liquefeito para navios;
- aumento do número de veículos elétricos (incluindo 2 rodas) e sistemas de trânsito rápido de autocarros, mas a partir de uma base baixa;
- maior utilização de biocombustíveis produzidos de forma sustentável, inclusive para a aviação;
- redução da intensidade de carbono das operações das empresas de logística de transporte de mercadorias, do vapor lento dos navios e da indústria marítima que impõe mandatos de emissão de GEE;
- uma melhor compreensão do que é o planeamento urbano e o desenvolvimento de infraestruturas para peões, bicicletas, autocarros e caminhos de ferro ligeiros podem ter impacto na escolha modal, ao mesmo tempo que se abordam preocupações mais amplas de sustentabilidade, como a saúde, a acessibilidade e a segurança;
- melhor análise dos custos comparativos de transporte de passageiros e mercadorias entre modos;
- políticas emergentes que retardam o rápido crescimento dos LDV, especialmente na Ásia, incluindo o investimento em sistemas de transporte não motorizados;
- mais normas de economia de combustível (MJ/km) e normas de desempenho dos veículos de emissão de GEE implementadas para veículos ligeiros e pesados (LDVs e HDVs); e
- políticas locais de gestão dos transportes, implementadas para reduzir a poluição atmosférica e o congestionamento do tráfego.

2.3.2 No contexto académico

No meio de tanta procura por soluções que façam cair os números das emissões, algumas ideias têm sido implementadas em várias universidades espalhadas pelo mundo, em diversas áreas com o intuito de contrariar ou compensar as emissões já existentes e tornar os campus cada vez mais sustentáveis. Em seguida são citados alguns exemplos de projetos e medidas implementadas em algumas universidades.

Universidade de Copenhaga (Dinamarca)

Fundada em 1479, a universidade tem cerca de 1000000 m² distribuídos por quatro campus e oito faculdades no centro de Copenhaga. Foi construído num dos seus campus, em menos de um ano, *The Green Lighthouse* que veio a ser o primeiro edifício público, neutro em carbono, construído na Dinamarca. Além disso a universidade tem como metas melhorar o desempenho térmico de edifícios já existentes, instalações energéticas mais inteligentes para facilitar condutas energéticas também inteligentes por partes dos alunos e funcionários e compra ou aquisição eficiente de energia, etc. [15]

Middle East Technical University (Turquia)

Localizada a cerca de 20 km do centro de Ancara, a METU situada em um campus de 4500 hectares, sendo 3043 hectares cobertos por uma área florestal e pelo lago Eymir, A universidade tem um programa abrangente de reflorestação, iniciado em 1961, e desempenha em papel fundamental na restauração da qualidade do ar de Ancara, por ano são plantadas mais de 20000 árvores pelos alunos, funcionários e *alumni* e o programa de reflorestação é responsável pelo plantio de uma área equivalente a $\frac{3}{4}$ da área do campus, área que antigamente era composta por pastagem de trigo degradada que outrora foram cobertos por floresta primária. A área florestal não só contribui para a qualidade de ar do Campus e da cidade de Ancara como também é fornece uma ampla gama de serviços ambientais. [15]

UC Santa Barbara (EUA)

No que diz respeito às emissões proveniente de deslocamentos, algumas universidades também têm encontrado solução alternativas como é o caso da *Nearly Carbon Neutral (NCN)* desenvolvida pela UCSB. É um modelo aproximado de conferências *online*, implementado inicialmente em maio de 2016 e realizado novamente em novembro do mesmo ano. A abordagem NCN é feita primeiramente através da criação de um website exclusivo para a conferência, depois os palestrantes convidados gravam as suas palestras em formato de vídeo que são posteriormente disponibilizados no website da conferência, a partir daí os vídeos podem ser vistos a qualquer hora e de qualquer parte do mundo uma vez que, por serem vídeos pré-gravados, as palestras podem ter legendas em outros idiomas. As palestras são divididas em painéis com cerca de 3 palestrantes e uma sessão de perguntas e respostas compartilhada tal como numa conferência tradicional. Por fim, os participantes podem interagir na sessão de perguntas e respostas durante o decorrer da conferência, que geralmente tem uma duração de duas ou três semanas. Apesar de haver emissões indiretas associadas às atividades *online*, os números das duas primeiras conferências piloto da UCSB indicaram que as suas emissões de GEE foram de menos de 1% do que seriam com as conferências tradicionais que, naturalmente, teriam deslocamentos associadas. O inquérito de satisfação dos oradores convidados, acerca do sucesso da conferência NCN, demonstrou que 87% responderam que a experiência foi um sucesso, 13% dos oradores estavam em dúvida sobre o sucesso da conferência, e não houve qualquer resposta negativa em relação ao evento. Após a conferência piloto, realizada em maio, ter sido concluída os oradores foram também questionados acerca da interação com o público e a maioria, cerca de 73.3%, responderam que a interação na secção de perguntas e respostas foi significativamente boa enquanto 26,7% responderam que não tinham certeza. Quanto à falta de contato humano direto nas conferencias NCN, 60% respondeu que não fez diferença alguma, 20% ficaram em dúvida e 20% responderam que isso era sim importante [6].

Para universidades que ainda não tenham implementado medidas de sustentabilidade e/ou queiram tornar a sua instituição em referência de sustentabilidade, existem vários guias práticos que ajudam a alcançar tal objetivo. O Guia Prático para Redução da Pegada Carbónica do Campus [16], desenvolvida pela APPA (*Association of Physical Plant Administrators*) em colaboração com CFaR (*Center for Facilities Research*) é um exemplo que indica como reduzir as emissões do campus em cinco etapas essenciais:

1. Formar um grupo com as partes interessadas;
2. Fazer um inventário completo de emissões de GEE;
3. Desenvolver um plano estratégico de ações climáticas;
4. Identificar os investimentos em recursos;
5. Implementar um plano tático

Capítulo 3 - Metodologias

Neste capítulo são abordadas as metodologias utilizadas para o cálculo das emissões de cada um dos modos de transporte utilizados pelos docentes e investigadores da FCUL aquando das suas deslocações referentes ao ano de 2019. Pretende-se, com cada uma das metodologias selecionadas, chegar aos valores finais de emissões associadas a cada um dos modos de transportes abordados neste trabalho, e, no final, a soma e o total de emissões do ano em questão.

Enquadramento

Antes de saber qual o método mais indicado para estimar as emissões da FCUL ou de qualquer outra instituição, é preciso classificar as mesmas, ou seja, é preciso identificar as fontes de emissão e classificar qual o tipo de emissão associado.

Segundo o *GHG Protocol Corporate Standard*, as emissões associadas a uma determinada instituição são divididas em dois grandes grupos, emissões diretas e indiretas. Emissões diretas são aquelas derivadas de fontes que pertencem diretamente à instituição ou são controladas pela mesma, enquanto as emissões indiretas são consequência de atividades associadas à instituição em questão, porém ocorrem a partir de fontes que pertencem ou são controladas por outras instituições. Dentro desses dois grandes grupos o *GHG Protocol* ainda distingue três subgrupos, o *scope 1*, *scope 2*, e *scope 3*, estando o *scope 1* incluído nas emissões diretas e o *scope 2* e *scope 3* abrangidos pelas emissões indiretas. Só é possível fazer o inventário completo de uma instituição se todas essas emissões forem contabilizadas. [18]

- *Scope 1* – emissões derivadas de fontes pertencentes ou diretamente controladas pela instituição, como por exemplo emissões de caldeiras ou veículos da própria instituição. [18]
- *Scope 2* – emissões indiretas consequentes da geração de eletricidade adquirida ou comprada a partir de outras fontes e consumida pela instituição, para aquecimento ou arrefecimento dos edifícios da instituição, etc.[18]
- *Scope 3* – todas as emissões indiretas, não incluídas no *scope 2*, associadas a atividades da instituição, mas que derivam de fontes não controladas pela mesma. Como produção e distribuição de produtos adquiridos, fornecedores de gestão de resíduos, viagens de trabalho, etc.[18]

Ainda dentro do *scope 3*, segundo o *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*, existem 15 categorias que devem ser consideradas para estimar as emissões, e essas categorias ajudam principalmente instituições grandes com vários setores e evitam uma dupla contagem de emissões entre as categorias. Algumas das categorias do *scope 3* são bens e serviços adquiridos, resíduos gerados em operações, viagens em trabalho, processamento de produtos vendidos, investimentos, entre outros.[19]

Neste trabalho são abordadas as emissões da categoria viagens em trabalho. Esta categoria engloba emissões do transporte de funcionários da instituição para atividades relacionadas com o trabalho, em todos os tipos de meio de transporte pertencentes ou operados por terceiros. [19]

As emissões desta categoria podem ser estimativas através de 3 métodos diferentes [19]:

- Método baseado em combustível, que consiste em determinar a quantidade de combustível consumido durante a viagem em trabalho e aplicar um fator de emissão apropriado para o tipo de combustível.
- Método baseado em distâncias, que consiste em determinar a distância e o modo de transporte da viagem e depois aplicar um fator de emissão apropriado para esse modo.
- Método baseado em gastos, que implica a determinação da quantidade de dinheiro gasto em cada modo de transporte utilizado durante a viagem e a aplicar fatores de emissão secundários.

A decisão sobre qual usar para calcular as emissões desta categoria deve ser tomada com base no tipo de informação disponível tal como se indica na figura 3.1.

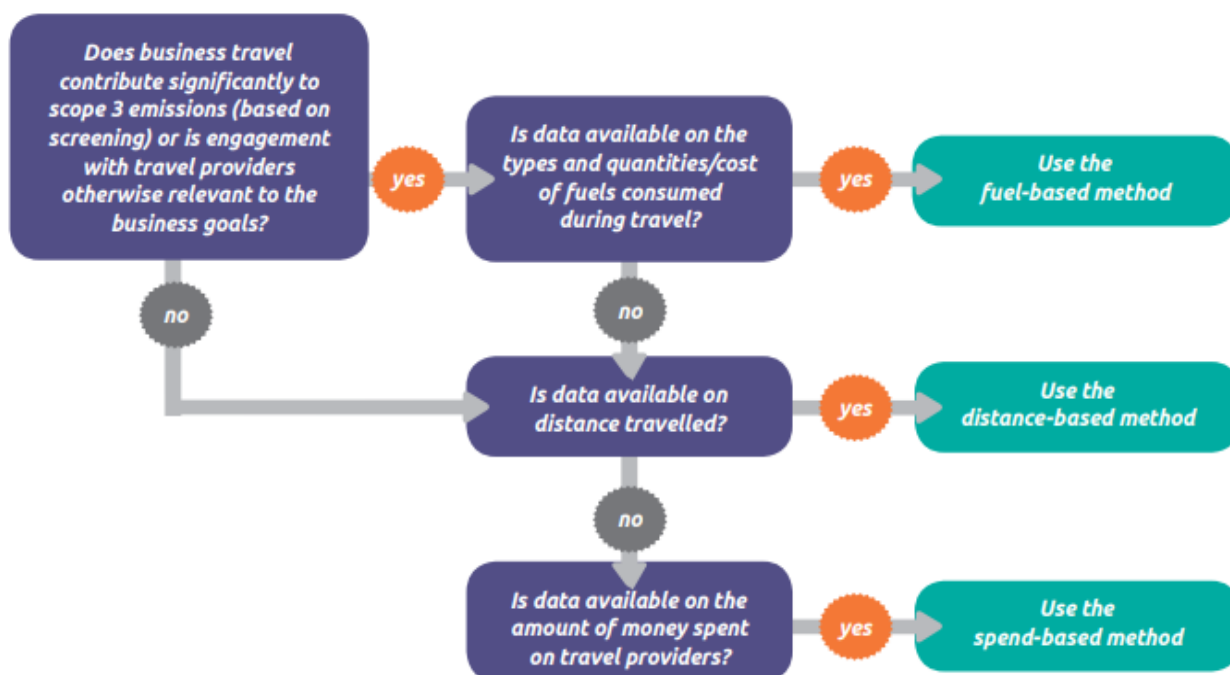


FIGURA 3.1: ORGANOGRAMA PARA ESCOLHA DO MÉTODO A SER SEGUIDO

Fonte: "Technical guidance for calculating Scope 3 emissions (version 1.0)", GHG Protocol, 2013 [19]

Caso prático

O método a utilizar para os cálculos foi selecionado de acordo com as informações disponibilizadas pela FCUL e pela FCiências.ID. A falta de algumas informações ou dados, tais como características específicas de determinados veículos, consumo ou tipo de combustível utilizado, número de paragens ou escalas durante as viagens, etc, limitaram muito os cálculos e fizeram com que houvesse a necessidade de se recorrer à utilização de estimativas para possibilitar a realização desses mesmos cálculos.

O principal dado, e na maioria dos casos o único ao qual se teve acesso, foi a distância percorrida durante as viagens, ou ainda, em alguns casos, até essa informação era desconhecida e a única informação disponível era a cidade onde ou para onde o modo de transporte foi utilizado, tendo sido nesses casos

necessário estimar as distâncias percorridas. Deste modo, o método escolhido, de acordo com o *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions* [19], para obter as emissões foi o método baseado em distâncias, e foi necessário então pesquisar ou estimar fatores de emissão apropriados para os GEE, denominados como dióxido de carbono e equivalentes (CO_{2eq}), em função da distância, em unidades de grama por quilómetro (g/km) ou grama por passageiro por quilómetro (g/pkm), no caso de transportes coletivos de grande dimensão que transportam vários passageiros ao mesmo tempo.

Na tabela 3.1, encontram-se o intervalo de valores padrão de intensidade carbónica de cada modo de transporte, bem como os respetivos valores que foram assumidos para realizar os cálculos. De seguida, são explicadas mais detalhadamente as metodologias para os cálculos de cada modo de transporte.

TABELA 3.1:INTENSIDADE CARBÓNICA POR MODO DE TRANSPORTE

Modo	Padrão de intensidade carbónica [gCO _{2eq} /pkm]	Referência	Valor assumido [gCO _{2eq} /pkm]
carro	80 -220	Climate change 2014 Mitigation of climate change Chapter 8: Transport [12]	109,4 [20]
táxi	150 - 250		59,9 - 251 [20]
autocarro	25 - 140		25 e 140 [12]
comboio	30 - 110		15,7 - 28
metro	30 - 110		34,8 - 70
avião	80 - 250		87,7 [21]
barco	25 - 150		87,5 [12]

Por fim, a quantidade de emissões foi estimada através do produto entre a intensidade carbónica ou fator de emissão e a distância percorrida durante a viagem.

$$E_{CO_{2eq}} = \sum FE [gCO_{2eq}/km \text{ ou } gCO_{2eq}/pkm] \times D[km] \quad (3.1)$$

3.1 Transporte rodoviário

Veículos de passageiros

Esta secção é dedicada às viagens realizadas em veículos ligeiros como viaturas próprias dos docentes e investigadores ou táxis. Dos dados obtidos através da FCUL e da FCIências.ID, notou-se que todas as viagens feitas em veículo próprio foram realizadas dentro do território do país, enquanto as viagens de táxi foram realizadas um pouco por toda a Europa.

Numa primeira fase, houve uma tentativa de estimar as emissões com o COPERT ou através da aplicação direta de métodos como o Tier 1, Tier 2 ou Tier 3. No entanto essas metodologias exigem que sejam conhecidas informações específicas de cada veículo tais como o tipo de combustível (gasolina, diesel, gás de petróleo liquefeito-GPL, híbrido, etc), o volume de combustível que foi consumido, a tecnologia a qual pertence veículo (EURO 1, EURO 4, ECE, *Open Loop*, etc), a dimensão da frota, entre outros dados acerca dos quais não se tinha nenhuma informação. Em alternativa, um mapa interativo

disponibilizado pela ACEA – *European Automobile Manufacturers Association* – com dados acerca da intensidade carbónica de cada país para veículos ligeiros, ou seja, a quantidade de CO_{2eq} emitidos por cada quilómetro percorrido, para países europeus foi usado para realizar os cálculos.

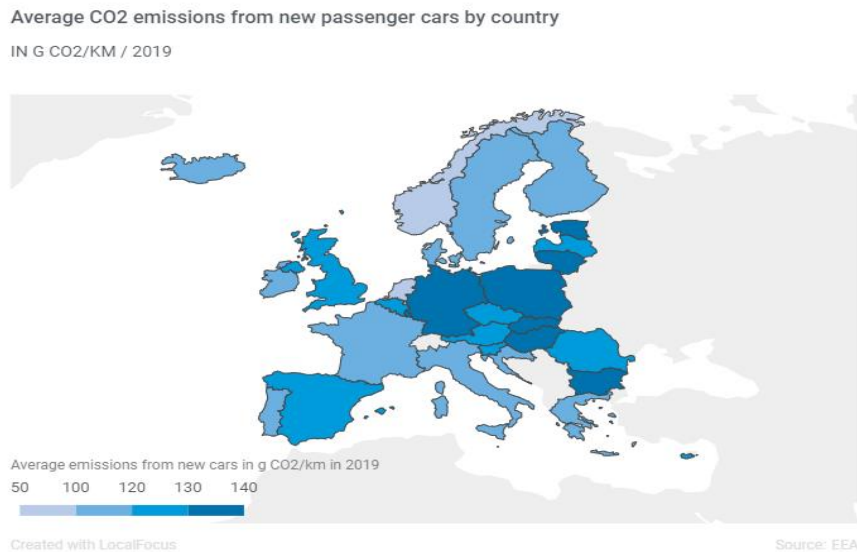


FIGURA 3.2: MAPA EUROPEU DE FATOR DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS DE PASSAGEIROS

Fonte: ACEA, 2020 [20]

Para as viagens a bordo de veículos próprios, todas realizadas dentro do território de Portugal como já foi dito anteriormente, assumiu-se o fator de emissão de 109,4 gCO_{2eq}/km, como pode ser observado na figura 3.2. Tal significa que em média, no ano de 2019, em Portugal, por cada 1 km percorrido por um veículo ligeiro, 109,4 gramas de GEE eram emitidos para a atmosfera.

Já para as viagens realizadas de táxi, a origem e o destino da grande maioria eram desconhecidas e a única informação disponível era a cidade onde ocorreu a viagem. Assim sendo, supôs-se que elas eram realizadas entre o local de hospedagem e o local de trabalho (local da conferência, workshops, etc.) e ocorriam dentro de um raio máximo de 20km. A partir desta suposição fez-se o cálculo para o pior cenário, que seria precisamente uma viagem de 20km, da seguinte forma:

$$E_{CO_{2eq}} = FE \times 2D \quad (3.1.1)$$

Onde o número 2 da equação é referente a viagens de ida e volta entre o local de hospedagem e o local de trabalho, D é a distância percorrida de 20km e FE é o fator de emissão do país onde a viagem foi realizada.

A tabela 3.2 dispõe os valores de intensidade carbónica de cada país disponibilizados pelo mapa da ACEA e de alguns outros países não europeus onde também foram realizadas viagens de táxi.

TABELA 3.2: INTENSIDADE CARBÓNICA DE ALGUNS PAÍSES ONDE FORAM REALIZADAS VIAGENS DE TÁXI

Modo	Padrão de intensidade carbónica [gCO _{2eq} /pkm]	Local	Valor assumido [gCO _{2eq} /pkm]
táxi	150 – 250 [12]	Portugal	109
		Grécia	116
		Alemanha	131
		Escócia	128
		Itália	119
		Inglaterra	128
		Espanha	121
		Noruega	59,9
		Áustria	125
		França	114
		Finlândia	115
		Irlanda	114
		Hungria	132
		República Checa	129
		Holanda	98,4
		Luxemburgo	133
		Polónia	132
		Suécia	120
		Bélgica	121
		Suíça	118 [22]
		México	140 [23]
		Japão	200 [24]
		EUA	251 [25]
		Canadá	159 [26]
		China	161 [27]
		Turquia	120 [28]

Veículos pesados – autocarros urbanos e de longo curso

As viagens incluídas nesta secção foram realizadas em dois tipos de autocarros; o urbano, usado para deslocações de curta distância dentro de uma determinada zona metropolitana, e o autocarro de turismo ou longo curso que como o próprio nome indica, é utilizado em viagens mais longas entre cidades e até países diferentes.

Tendo em conta que os dois tipos de autocarro não emitem a mesma quantidade de GEE, assumiu-se um valor de intensidade carbónica para cada tipo. O autocarro urbano emite uma quantidade maior do que o autocarro turístico, pois efetua diversas paragens tanto para o embarque e desembarque de passageiros, como no tráfego urbano (em semáforos, congestionamentos, etc) dentro da área metropolitana por onde circula. Tendo isto em consideração e dentro do intervalo de intensidade

carbónica apresentado para este tipo de transporte, assumiu-se o valor máximo de intensidade carbónica de 140 gCO_{2eq} para o autocarro urbano e o valor mínimo de 25 gCO_{2eq} para os autocarros turísticos ou de longo curso.

TABELA 3.3: INTENSIDADE CARBÓNICA POR CLASSE DE AUTOCARRO

Modo	Padrão de intensidade carbónica [gCO _{2eq} /pkm]	Classe	Local	Valor assumido [gCO _{2eq} /pkm]
autocarro	25 - 140	urbano	europa	140
		turístico		25

3.2 Transporte aéreo

No caso das viagens aéreas, eram conhecidas as cidades de origem e destino de cada viagem e também as escalas. Com base nessas informações foi estimada a distância total percorrida em cada viagem e o produto entre a distância e o fator de emissão deu origem ao total de emissões de cada viagem.

Em relação à alocação das emissões resultantes dessas viagens, com base na metodologia desenvolvida no artigo *“Measuring GHG emissions from international air travel of a country’s residents methodological development and application for Sweden”*[29] onde são estimadas emissões para residentes de um país e aplicando a metodologia ao caso da FCUL, considerando a mesma como uma “nação” e considerando os docentes e investigadores como residentes. Desta forma as emissões resultantes das viagens aéreas foram todas alocadas na FCUL.

Distância percorrida

A partir dos dados acerca das viagens aéreas que foram disponibilizados, foi possível conhecer as cidades de origem e de destino de cada uma das viagens realizadas e, posteriormente, calculou-se a distância de cada uma das viagens pelo método do *“Great Circle Distance”* que define a distância mais curta entre dois pontos sobre uma circunferência, com latitude e longitude conhecidas.

$$GCD = R \cdot \cos^{-1}[\sin(lat_1) \cdot \sin(lat_2) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \cos(long_1 - long_2)] \quad (3.2.1)$$

Onde R representa o raio da Terra, o índice 1 representa o ponto inicial da viagem ou origem e o índice 2 representa o ponto final ou destino da viagem. As latitudes e longitudes de cada um dos pontos que, neste caso, são os aeroportos de cada cidade, foram obtidas com recurso do *Geocoding API* do *Google Maps*, no caso das grandes cidades onde existe mais de um aeroporto, e cujo aeroporto não estava identificado, considerou-se o principal aeroporto da cidade ou o aeroporto que recebe mais voos diariamente.

É importante realçar que o método GCD apenas considera o ponto inicial e final da viagem (origem e destino) portanto, as distâncias acumuladas com escalas entre esses dois pontos não são consideradas nos cálculos, por isso, a fim de evitar valores subestimados, utilizou-se o método GCD entre cada um

dos pontos da viagem. Por exemplo, para uma viagem de ida e volta entre Lisboa e Washington com escala em Frankfurt, primeiro estimou-se a distância entre Lisboa, como latitude 1 e Frankfurt como latitude 2, e de seguida entre Frankfurt como latitude 1 e Washington como latitude 2, repetindo o mesmo processo para a viagem de volta e no final, a distância total resultou da soma da distância entre cada um dos pontos.

Emissões por passageiro

Para os transportes aéreos assumiu-se um valor médio de 87,7 gCO_{2eq}/pkm [21] para todas as viagens realizadas pelos docentes e investigadores.

3.3 Transporte ferroviário

Nesta secção é possível notar que alguns valores de intensidade carbónica em alguns países ou cidades são menores do que os valores do intervalo padrão sugerido pelo IPCC, isso deve-se ao facto de cada vez mais haver investimentos em transportes menos poluentes e mais sustentáveis para construir comunidades mais verdes, como é o caso de Viena, Capital da Áustria, que foi considerada a cidade “mais verde” do mundo em 2020 [30].

3.3.1 Comboio

Para as viagens de comboio, tal como os outros modos, recorreu-se a um fator de intensidade de emissões de GEE de referência para se efetuar os cálculos. Nos casos em que foi possível encontrar dados específicos do país foi assumido esse valor para estimar as emissões. Contudo, não foi possível obter esses dados para todos os países e, nesse caso, assumiu-se um valor médio. A grande maioria das viagens ocorreram dentro do território europeu e algumas poucas viagens no Japão.

TABELA 3.4: INTENSIDADE CARBÓNICA DO COMBOIO EM DIFERENTES PAÍSES

Modo	Padrão de intensidade carbónica [gCO _{2eq} /pkm]	Local	Valor assumido [gCO _{2eq} /pkm]
comboio	30 – 110 [12]	Portugal	15,7 [31]
		Bélgica	19,1 [32]
		Reino Unido	21,6 [21]
		resto da Europa	28 [33]
		Japão	23 [33]

3.3.2 Metro

Para o metro, tal como aconteceu com as viagens de comboio, assumiu-se um valor específico para as cidades cujas informações acerca da intensidade carbónica da rede de metro se encontravam disponíveis, e um valor geral para as demais cidades.

Nesta secção ainda havia a limitação de só saber a cidade onde o transporte foi usado, ou seja, as estações de origem e destino da viagem eram desconhecidas. Desta forma, a distância teve de ser estimada através da relação entre a velocidade média do metro e o tempo médio de duração da viagem.

$$distância = velocidade \times tempo \quad (3.2.2.1)$$

Assumindo uma velocidade média do metro de 42,4 km/h [34] e o tempo de duração médio de uma viagem de 20 minutos obtiveram-se os dados constantes na Tabela 3.5.

TABELA 3.5: INTENSIDADE CARBÓNICA DO METRO EM DIFERENTES CIDADES

Modo	Padrão de intensidade carbónica [gCO _{2eq} /pkm]	Local	Valor assumido [gCO _{2eq} /pkm]
metro	30 – 110 [12]	Lisboa	38,6 [35]
		Porto	40 [36]
		Madrid	39,3 [37]
		Londres	93 [38]
		Glasgow	45,2 [21]
		Viena	12 [39]
		Berlim	63 [40]

Para as demais cidades onde foram realizadas viagens e cuja informação sobre o fator de emissão não foi disponibilizada, foi assumido um fator de emissão de 70 gCO_{2eq}/pkm que é o valor médio do intervalo padrão para este modo de transporte.

3.4 Transporte marítimo

Esta parte é dedicada à estimativa de emissões de GEE associadas às viagens realizadas em embarcações marinhas pelos docentes e investigadores da faculdade de ciências, que representam apenas uma pequena parte do total de viagens.

No ano de 2019, quase todas as viagens deste género foram feitas para a península de Tróia, através do trajeto realizado pelas embarcações da *Atlantic Ferries*, que possui uma frota com duas embarcações. O ferry é utilizado para transporte de pessoas e viaturas e o Catamaran para o transporte exclusivo de pessoas, entre Setúbal e Tróia. Apenas uma viagem foi realizada no arquipélago de Cabo Verde entre as ilhas de Santiago e Brava a bordo das embarcações da CV Interilhas.

Distância percorrida

As distâncias exatas percorridas tanto entre Setúbal e Tróia como entre a ilha de Santiago e a ilha da Brava não são disponibilizadas pelas companhias de transporte, desta forma, essas distâncias foram estimadas através da informação acerca da velocidade das embarcações e o tempo de duração da viagem recorrendo à equação (3.2.2.1).

Segundo informações do site da CV Interilhas, as viagens entre as ilhas de Santiago e Brava, linha 4, têm uma duração de 5 horas e 45 minutos [41] e são realizadas a bordo da embarcação Kriola [42], que por sua vez também é uma embarcação do tipo ferry e navega a uma velocidade de 19 nós [43].

Com a Atlantic Ferries, tal como foi mencionado anteriormente, a travessia pode ser realizada de ferry ou de catamaran e, após a análise dos dados da FCIências.ID acerca das viagens dos docentes e investigadores, o trajeto feito de carro próprio até Setúbal nos dias dessas viagens e o motivo das deslocações para Troia (na maioria das vezes para recolha de material biológico em diversas áreas para pesquisas) levaram a considerar que as travessias eram feitas a bordo do ferry. Sendo assim, segundo informações da companhia, a travessia de ferry entre o cais de Setúbal e Troia é realizada num tempo médio de 25 minutos e a uma velocidade de 12 nós [44].

TABELA 3.6: ESTIMATIVA DA DISTÂNCIA PERCORRIDA PELAS EMBARCAÇÕES

	Tempo de viagem [h]	Velocidade [nó]	Velocidade [km/h]	Distância [km]
<i>Atlantic Ferries</i>	0,417	12,0	22,2	9,25
CV Interilhas	5,45	19,0	35,2	192

Como pode ser observado na tabela 3.6, as distâncias estimadas para o trajeto entre Setúbal e Troia e entre as ilhas de Santiago e Braga foram de 9,25 km e 192 km respetivamente.

Emissões por passageiro

Para este modo, o valor de intensidade carbónica assumido, com base no intervalo de valores disponibilizados no relatório do IPCC para embarcações do tipo ferry foi de 87,5 gCO_{2eq}, valor que vem a ser a média entre o valor mínimo e o valor máximo do intervalo apresentado.

Capítulo 4 - Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos cálculos realizados segundo as metodologias do capítulo anterior. Numa primeira fase, os resultados são apresentados para cada modo de transporte individualmente, e no final será feita uma comparação entre todos os modos.

Os resultados, de uma forma geral, consistem em valores de distância e emissões acumuladas em cada mês do ano de 2019.

4.1 Transporte rodoviário

4.1.1 Veículos de passageiros

Nesta secção optou-se por fazer uma distinção entre os resultados de veículos próprios e táxis.

Veículos próprios

A bordo de seus veículos próprios e para deslocações a trabalho, os docentes e investigadores da FCUL percorreram um total de 303890 km e emitiram cerca de 33,2 toneladas de CO_{2eq}, durante o ano em questão. A tabela 4.1 apresenta os dados mensais das distâncias acumuladas e das respetivas emissões.

TABELA 4.1: DISTÂNCIA PERCORRIDA E EMISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	20153,70	2,20
fevereiro	16688,50	1,83
março	25899,80	2,83
abril	23267,10	2,55
maio	37461,00	4,10
junho	41011,30	4,49
julho	44858,90	4,91
agosto	21757,20	2,38
setembro	24322,60	2,66
outubro	40633,80	4,45
novembro	7623,00	0,834
dezembro	212,60	0,0233

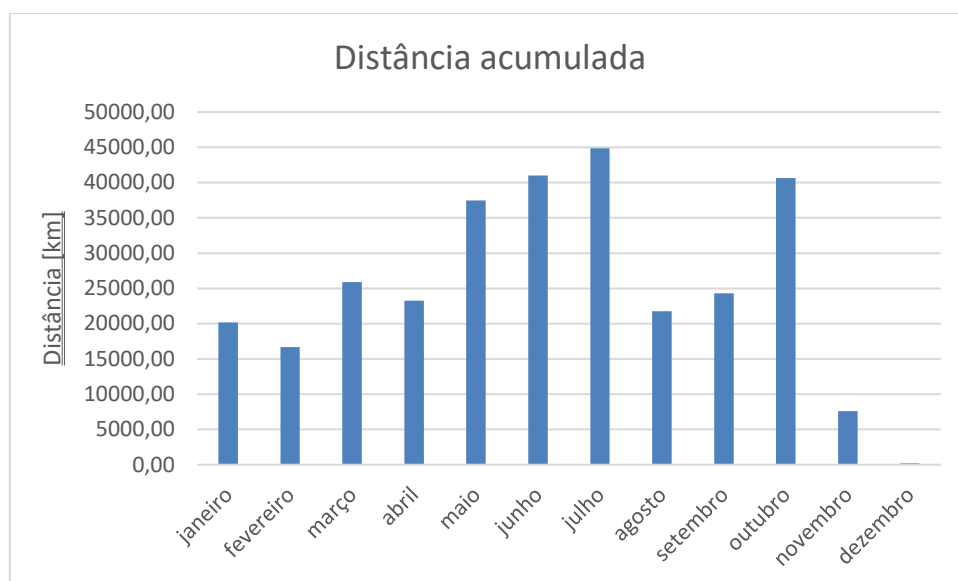


FIGURA 4.1: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - VEÍCULOS PRÓPRIOS DE DOCENTES/INVESTIGADORES

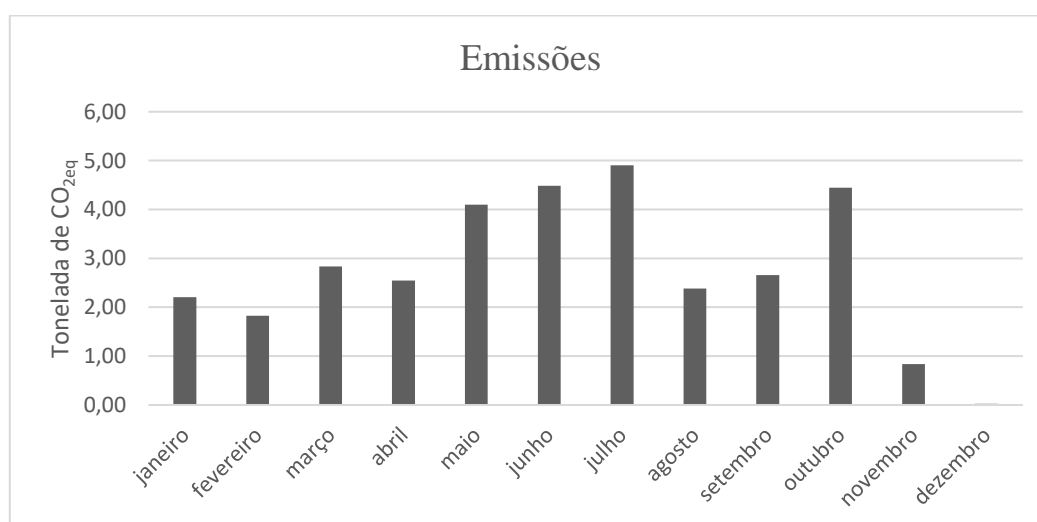


FIGURA 4.2: EMISSÕES MENSAIS - VEÍCULOS PRÓPRIOS DE DOCENTES/INVESTIGADORES

Nota-se nas figuras 4.1 e 4.2 que o mês com maior distância acumulada e, consequentemente, maiores emissões associadas, o que não significa necessariamente que tenha sido o mês com maior ocorrência de deslocamentos, foi o mês de julho com 4,91 toneladas de CO_{2eq} libertado para a atmosfera.

Táxis

De táxi, foram percorridos um total de 8381 km e emitidos cerca de 1,02 toneladas de CO_{2eq}. A tabela 4.2 apresenta os dados mensais das distâncias acumuladas e das respectivas emissões.

TABELA 4.2: DISTÂNCIA PERCORRIDA E EMISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	415,90	0,05
fevereiro	565,90	0,06
março	577,40	0,07
abril	1021,20	0,12
maio	1027,10	0,12
junho	1067,70	0,15
julho	679,00	0,08
agosto	640,00	0,08
setembro	1550,00	0,17
outubro	716,50	0,10
novembro	120,00	0,01
dezembro	0	0

As figuras 4.3 e 4.4 permitem uma melhor visualização e análise dos dados dispostos na tabela 4.2.

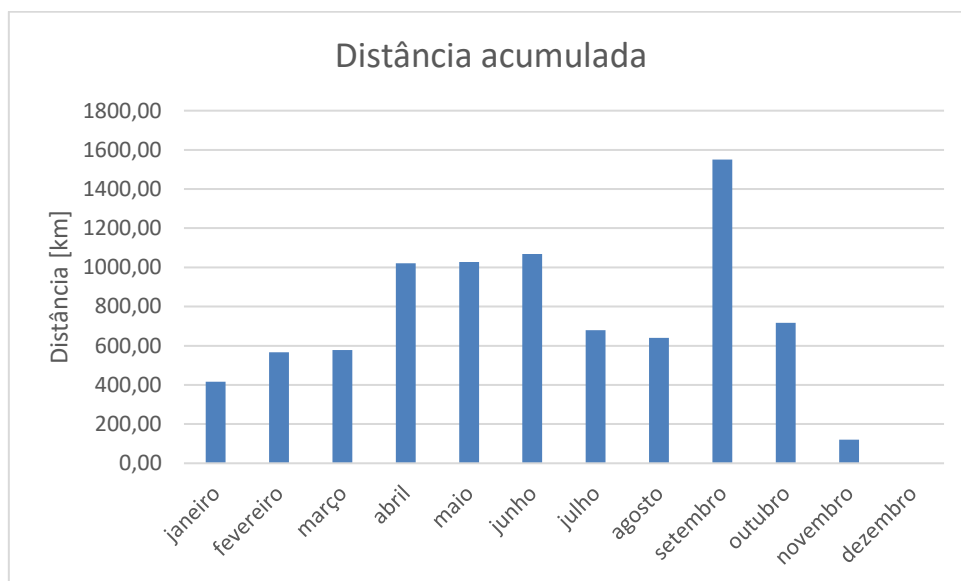


FIGURA 4.3: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - TÁXI

Nota-se uma maior atividade no mês de setembro e, contrariamente, uma menor atividade no mês de novembro. Em dezembro não foram registadas quaisquer atividades.

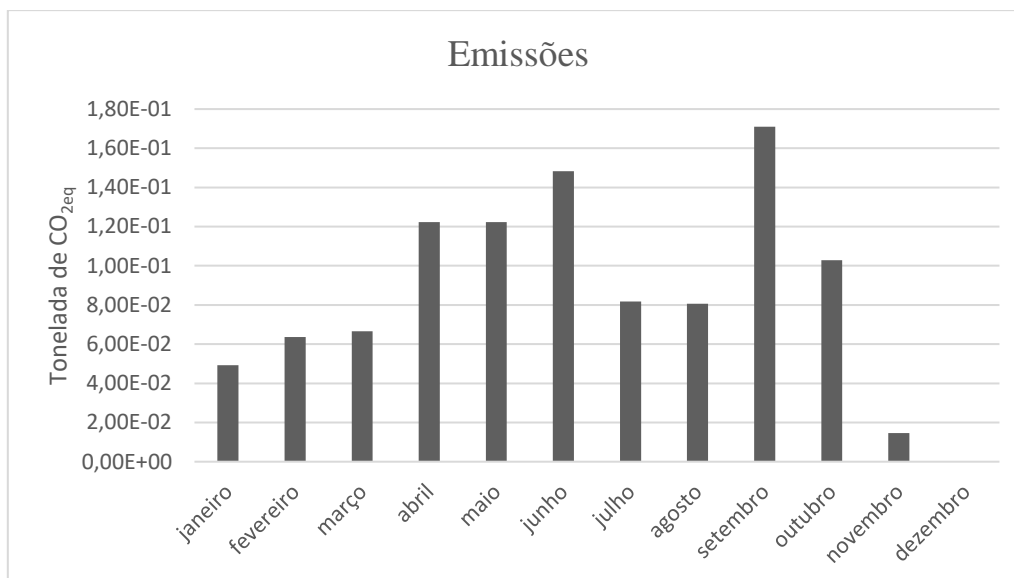


FIGURA 4.4: EMISSÕES MENSAIS - TÁXI

Setembro registou a maior incidência de emissões, cerca de 0,171 toneladas.

4.2.1 Veículos pesados – autocarros urbanos e de longo curso

Os autocarros foram responsáveis para emissão de 0,339 toneladas de CO_{2eq} dos quais 0,129 toneladas estão associadas a viagens em autocarros urbanos e 0,209 toneladas em consequência de viagens em autocarros de longo curso.

Apesar de os autocarros urbanos terem uma intensidade carbónica por passageiro superior aos autocarros de longo curso, a diferença entre o total de distâncias acumuladas foi bem significativa e, por causa dessa diferença, as emissões associadas a esse tipo foi superior ao tipo urbano.

TABELA 4.3: DISTÂNCIA ACUMULADA E EMISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	40	0,01
fevereiro	693	0,02
março	830	0,03
abril	410	0,02
maio	4821	0,13
junho	920	0,04
julho	154	0,01
agosto	318	0,01
setembro	1081	0,04
outubro	160	0,02
novembro	0	0
dezembro	0	0

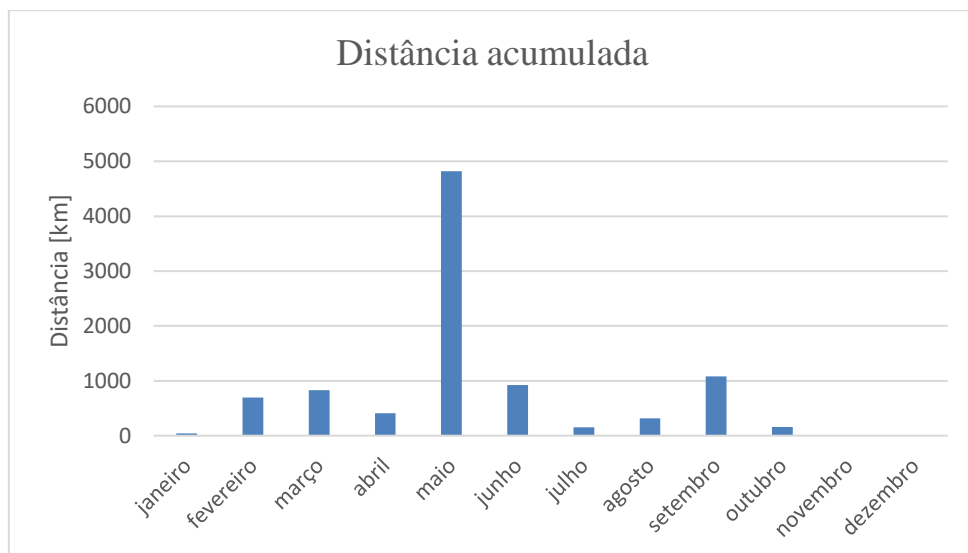


FIGURA 4.5: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - AUTOCARRO

No total foram percorridos 9427 km, sendo 1062 em autocarros urbano e 8366 em autocarros turísticos ou de longo curso.

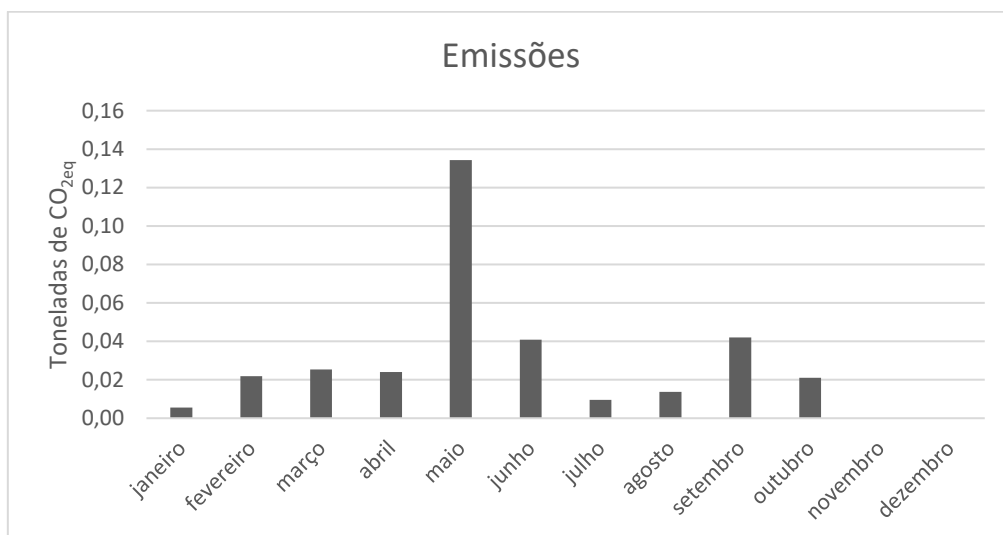


FIGURA 4.6: EMISSÕES MENSAS - AUTOCARRO

Maio foi, sem dúvida, o mês com o maior número de viagens neste modo de transporte, como pode ser observado na figura 4.5. Nesse mês foram percorridos 4821 km enquanto em janeiro, mês com menor atividade, apenas 40 km foram percorridos. Os meses de novembro e dezembro não registaram nenhuma ocorrência.

4.2 Transporte aéreo

De acordo com os dados obtidos, em 2019 foram realizadas 515 viagens aéreas, de e para Portugal, relacionadas com as atividades académicas da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. No mesmo ano, os recursos humanos da FCUL contavam com um total de 723 colaboradores, dentre os quais 391 docentes e 171 investigadores [45]. No total, foram realizadas nesse ano 0,916 viagens aéreas por docente/investigador.

As viagens aéreas foram, de longe, as que mais acumularam distâncias e emissões associadas como já era esperado, uma vez que os transportes aéreos são usados justamente para percorrer distâncias superiores em espaços de tempo inferiores e possuem maior emissão por passageiro por quilómetro. No total, foram 2973521 km percorridos.

TABELA 4.4: DISTÂNCIA ACUMULADA E EMISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	139249,5	12,2
fevereiro	169544,2	14,9
março	273715,8	24,3
abril	315634,9	32,1
maio	440352,4	41,4
junho	708283,3	70,4
julho	508313,2	48,1
agosto	173605,8	16,3
setembro	112705,7	11,8
outubro	63929,9	5,61
novembro	44896,9	3,94
dezembro	23290,0	2,04

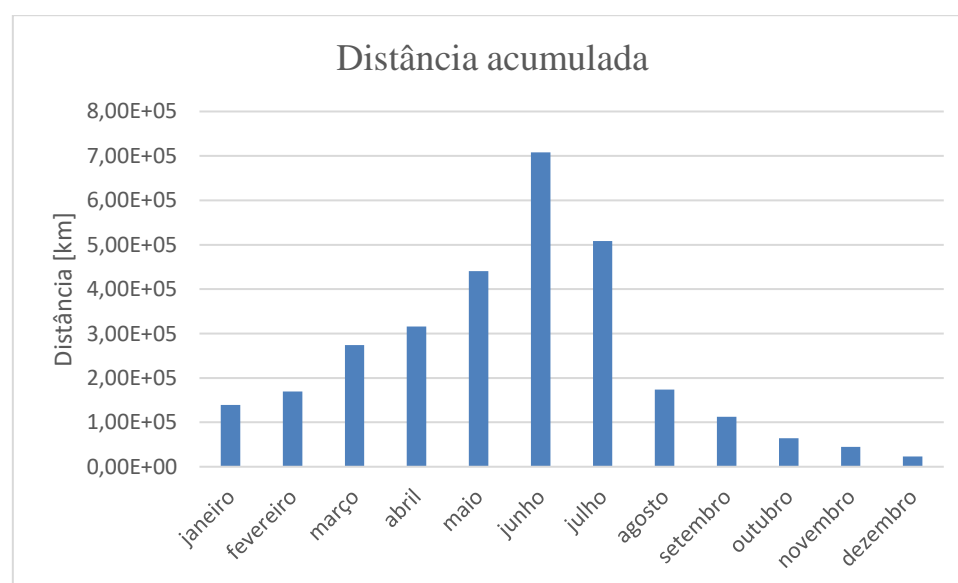


FIGURA 4.7: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - AVIÃO

Os meses de junho e dezembro foram, respetivamente, os meses com maior e menor distância acumulada e, como consequência, maiores e menores emissões associadas.

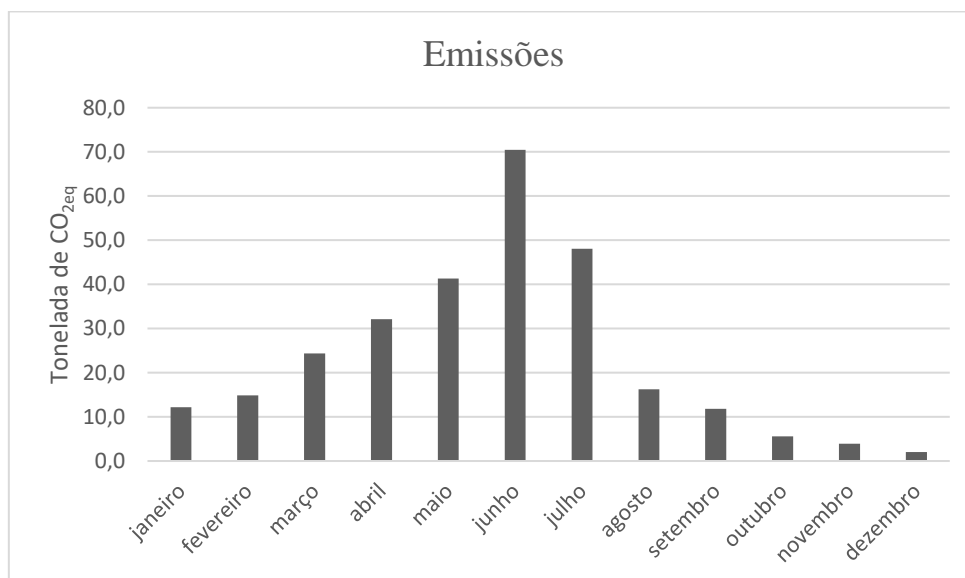


FIGURA 4.8: EMISSÕES MENSAIS - AVIÃO

No total foram emitidas 283 toneladas de CO_{2eq}, associadas às viagens aéreas a trabalho pela FCUL. Isso equivale a 0,504 toneladas por docente/investigador, valor que chega a ser superior ao total de emissões libertadas pelas viagens de autocarros.

4.3 Transporte ferroviário

4.3.1 Comboio

As viagens de comboio tiveram um total de 66348 km acumulados e 1,23 toneladas de CO_{2eq} associados.

TABELA 4.5: DISTÂNCIA ACUMULADA E EMISSÕES POR MÊS

	Distancia acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	4367,50	0,09
fevereiro	7639,50	0,14
março	3481,60	0,06
abril	4054,50	0,07
maio	12013,00	0,22
junho	9582,00	0,18
julho	12589,60	0,20
agosto	2158,00	0,06
setembro	7037,40	0,15
outubro	3062,20	0,06
novembro	357,40	0,01
dezembro	0	0

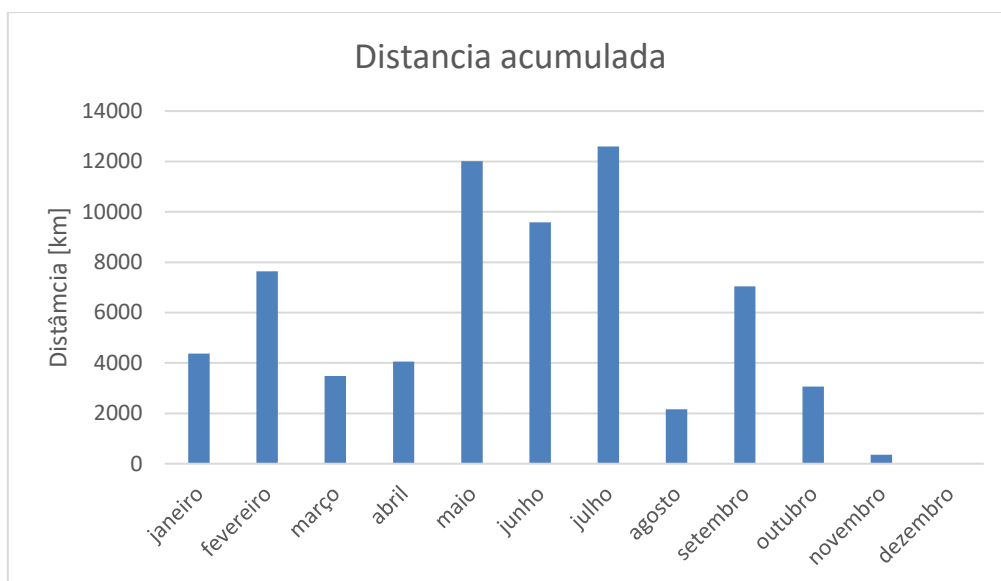


FIGURA 4.9: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - COMBOIO

O único mês em que não foram realizadas viagens foi em dezembro. Em contrapartida, os meses de maio, julho e junho foram os meses com maior atividade.

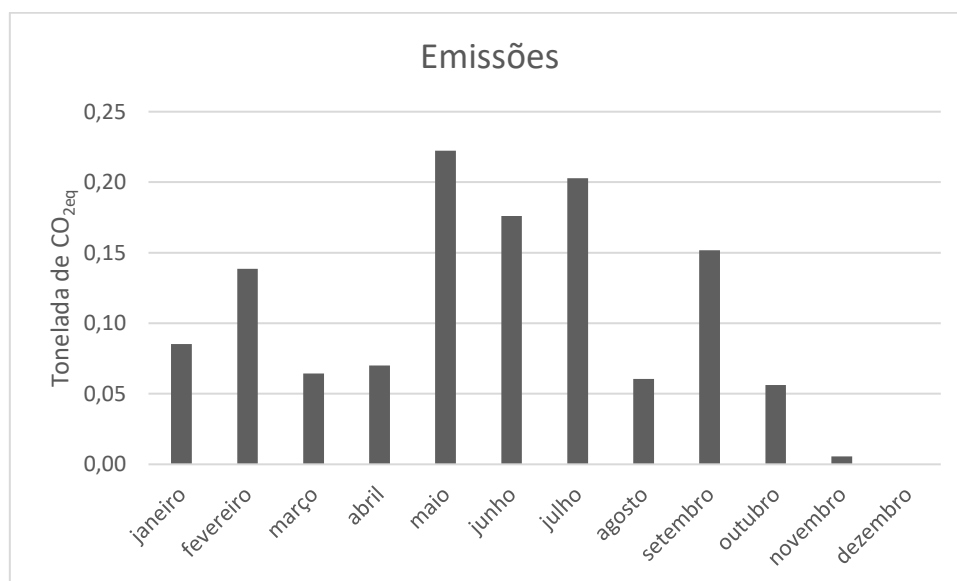


FIGURA 4.10: EMISSÕES MENCIAIS - COMBOIO

Julho foi o mês com maior distância acumulada, porém maio foi o mês com maior emissão associada, e tal se deve ao fato de terem sido usados fatores de emissão diferentes consoante o local de realização da viagem.

4.3.2 Metro

Associadas às viagens de metro, foram acumulados 1364 km percorridos e 0,0663 toneladas de CO_{2eq} emitidas durante o ano de 2019.

TABELA 4.6: DISTÂNCIA ACUMULADA E EMISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	77	0,0048
fevereiro	22	0,0020
março	25	0,0010
abril	85	0,0039
maio	473	0,0325
junho	192	0,0118
julho	126	0,0076
agosto	21	0,0008
setembro	39	0,0017
outubro	219	0,0135
novembro	85	0,0059
dezembro	0	0



FIGURA 4.11: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - METRO

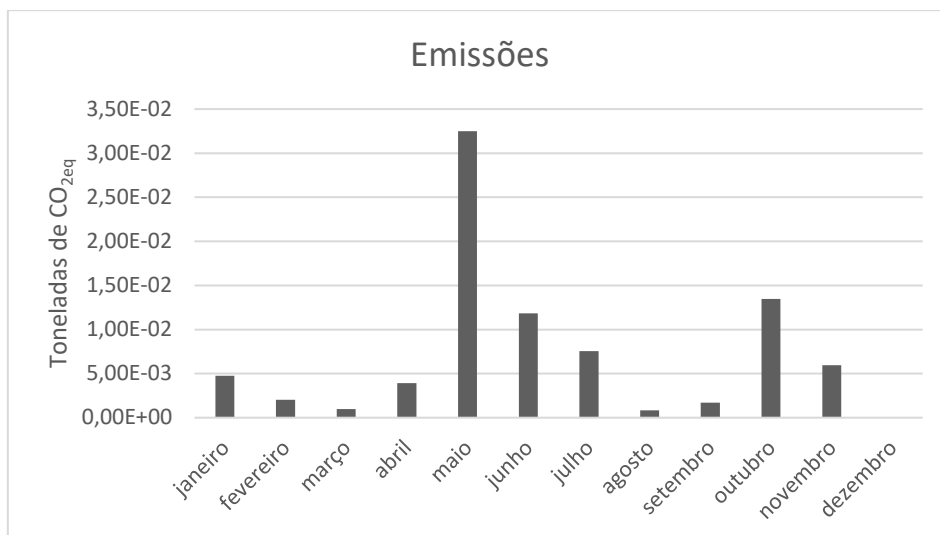


FIGURA 4.12: EMISSÕES MENSAIS - METRO

O mês de maio foi, novamente, o mês com maior registo de atividade e emissões associadas, 473km percorridos e 0,0325 toneladas GEE emitidos.

4.4 Transporte marítimo

As poucas viagens de ferry realizadas do ano de 2019 resultaram num total de 568,1 km e 0,071 toneladas de GEE emitidos em decorrência. Do total de quilómetros acumulados, cerca de 383 são consequentes de uma única viagem de ida e volta, que aconteceu entre as ilhas de Cabo Verde. Assumiu-se duas viagens (ida e volta) porque a ilha da Brava não possui aeroporto e, dessa forma, a única forma de entrar ou sair da ilha é por via marítima.

TABELA 4.7: DISTÂNCIA ACUMULADA E MISSÕES POR MÊS

	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
janeiro	0	0
fevereiro	0	0
março	0	0
abril	37,0	0,010
maio	37,0	0,005
junho	18,5	0,003
julho	37,0	0,011
agosto	18,5	0,002
setembro	402	0,037
outubro	18,5	0,003
novembro	0	0
dezembro	0	0

A tabela 4.7 mostra, mais uma vez, a distribuição mensal das distância e emissões acumuladas, sendo que só se registaram viagens neste modo de transporte nos meses de abril a outubro.

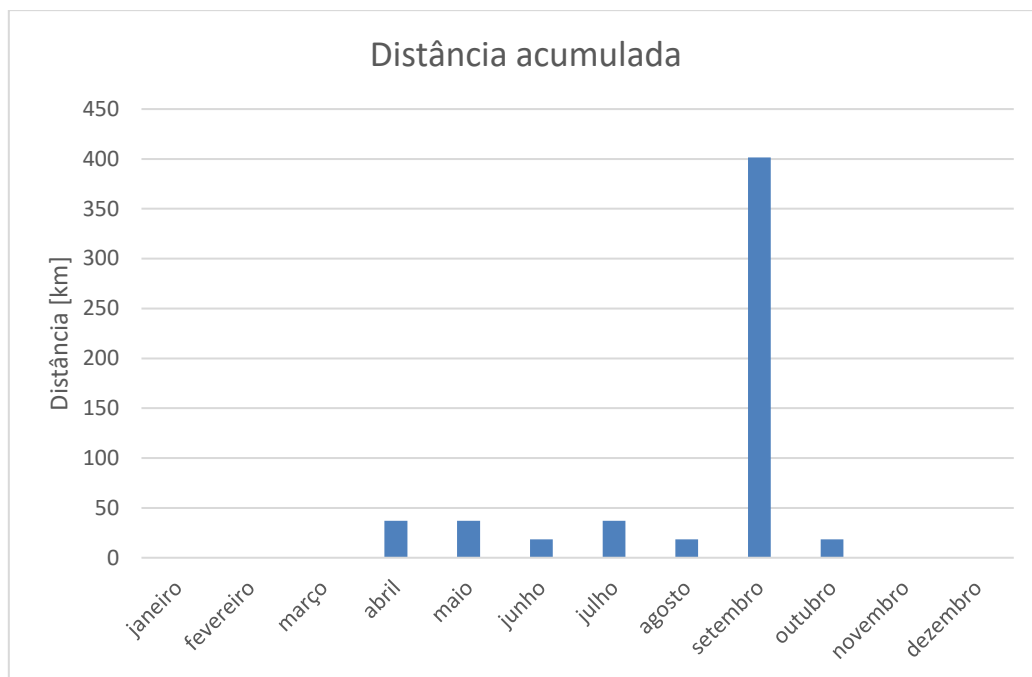


FIGURA 4.13: DISTÂNCIA MENSAL ACUMULADA - BARCO

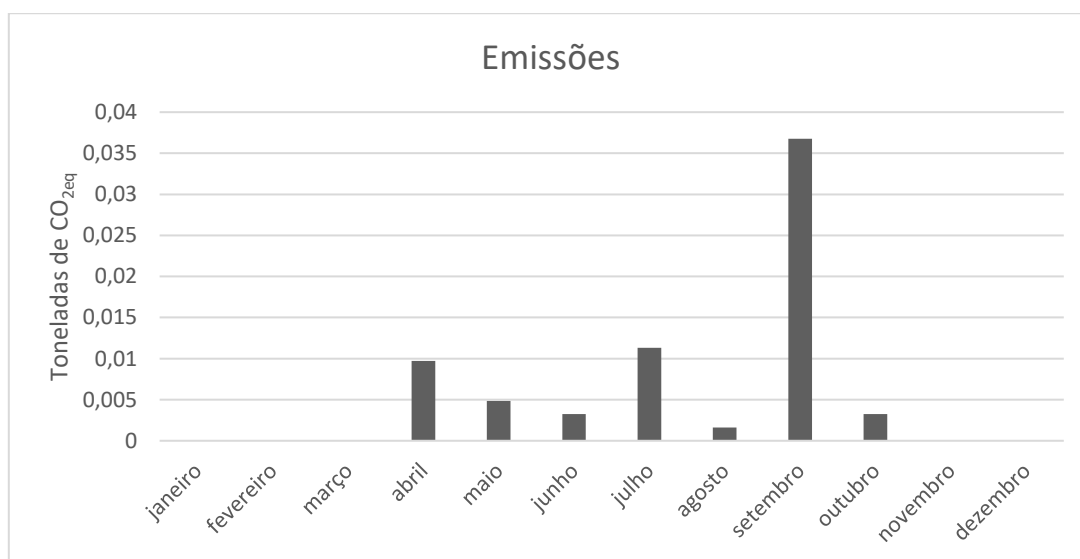


FIGURA 4.14: EMISSÕES MENSAIS - BARCO

O mês de setembro registou a maior distância acumulada e maior emissões porque foi quando se realizou a viagem entre as ilhas de Santiago e Brava.

Capítulo 5 - Discussão de resultados

Neste capítulo estão discriminados os valores finais de cada modo de transporte utilizado aquando das deslocações a trabalho em 2019, associadas à atividade científica dos docentes e investigadores da FCUL.

A partir dos dados recolhidos junto da FCIências.ID, conclui-se que no ano em questão foram realizadas 2023 viagens a trabalho, sendo esse valor total dividido em 810 viagens em carros próprios, 515 viagens de avião, 304 viagens de táxi, 226 viagens de comboio, 118 viagens de autocarro, 39 viagens de metro e 11 viagens de barco. No mesmo ano os recursos humanos da Faculdade de Ciências era composto por 391 docentes e 171 investigadores [45]. Em termos de viagem per capita a tabela 5.1 apresenta os resultados para cada modo de transporte.

TABELA 5.1: NÚMERO DE VIAGENS PER CAPITA PARA CADA MODO DE TRANSPORTE

Modo	Nº de viagens	Viagem por docente/investigador
carro	810	1,44
táxi	304	0,54
autocarro	118	0,21
comboio	226	0,40
metro	39	0,07
avião	515	0,92
barco	11	0,02

Considerando a quantidade total de viagens realizadas, tem-se cerca de 3,6 viagens por membro do corpo docente da FCUL (incluindo os investigadores), por ano.

Em termos de emissões, a modo responsável pela maior quantidade de GEE emitidos foi o avião com um total de 283 toneladas de CO_{2eq}, valor oito vezes superior à soma quantidade de gases emitidos pelos transportes rodoviários, incluindo carro, táxi e autocarro, e duzentos e dezoito vezes superior ao total de emissões associadas aos veículos ferroviários.

TABELA 5.2: VALORES FINAIS POR MODO DE TRANSPORTE

Modo	Distância acumulada [km]	Emissões [tonCO _{2eq}]
carro	303890	33,2
táxi	8381	1,02
autocarro	9428	0,339
comboio	66343	1,23
metro	1364	0,066
avião	2973521	283
barco	568	0,07
Total	3363494	319

Na tabela 5.2 encontram-se representados os valores totais de cada modo e o valor final resultante da soma de todos os modos. Observa-se então um total de 319 toneladas de CO_{2eq} emitidos, que é equivalente a 0,568 toneladas de CO_{2eq} por membro do corpo docente, incluindo investigadores.

TABELA 5.3: DISTÂNCIA E EMISSÕES PER CAPITA

Modo	Distância por docente/investigador [km]	Emissões por docente/investigador [tonCO _{2eq}]
carro	541	0,059
táxi	14,9	0,002
autocarro	16,8	0,001
comboio	118	0,002
metro	2,43	0,00012
avião	5291	0,504
barco	1,01	0,00013

Pela análise da tabela 5.3 observa-se que apenas com viagens aéreas, cada docente ou investigador da FCUL foi responsável pela emissão de 0,504 toneladas de CO_{2eq}. Para se ter noção, o somatório das emissões totais realizadas de autocarro, metro e barco resultou em 0,476 toneladas de CO_{2eq}, ou seja, a quantidade de emissões per capita das viagens aéreas consegue ser superior às emissões globais de três modos de transporte juntos.

Esta diferença pode ser observada mais claramente através do gráfico seguinte.

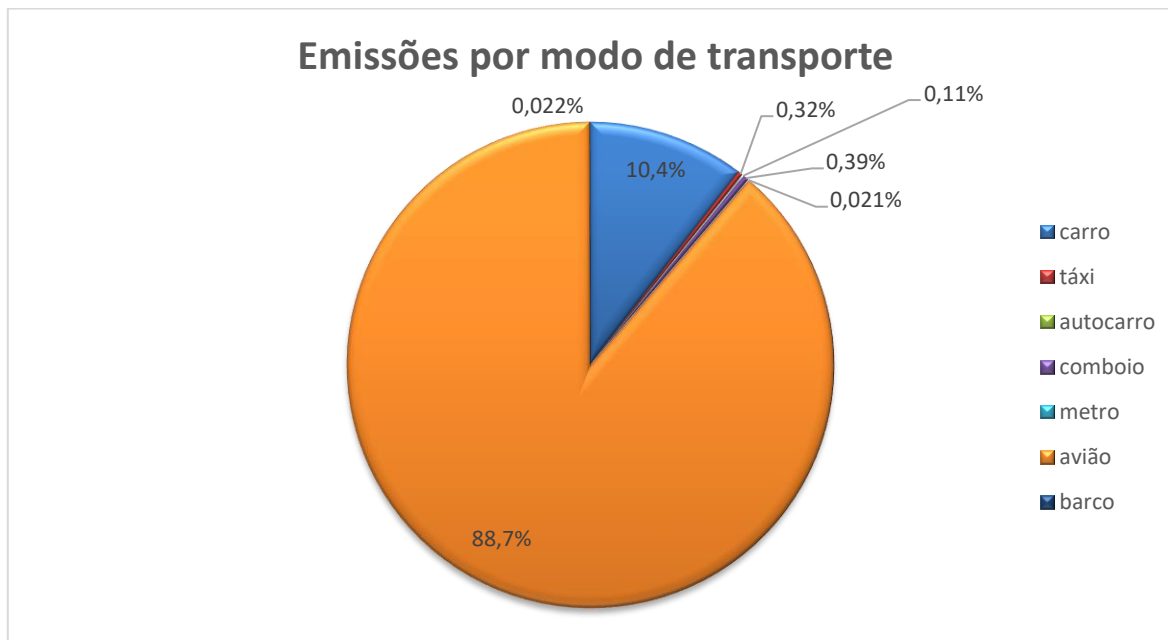


FIGURA 5.1: EMISSÕES POR MODO DE TRANSPORTE

A figura 5.1 representa a proporção de emissões de cada modo de transporte. Nota-se que quase 89% das emissões do ano de 2019 resultam de exclusivamente de viagens aéreas e 10% de viagens em veículos próprios, enquanto a proporção dos outros modos são significativamente menores, não chegando a 1% cada. Isso porque, apesar de haver maior número de viagens com veículos rodoviários,

as distâncias percorridas em viagens aéreas foram muito superiores, o que juntamente com o fator de intensidade carbónica do modo fazem com que as emissões dos transportes aéreos sejam dominantes.

Nota-se uma maioria esmagadora de emissões associadas a viagens aéreas associadas às deslocações para atividade científica da FCUL.

Capítulo 6 - Propostas para redução de emissões

Este capítulo é dedicado a propostas alternativas que possam promover uma mobilidade mais sustentável e ajudar a diminuir a quantidade de gases emitidos sem prejudicar as deslocações realizadas.

A análise dos resultados obtidos neste estudo não deixa dúvidas de que são precisas alternativas às viagens aéreas e rodoviárias, com principal foco nas viagens aéreas. Estes modos têm os mais elevados fatores de emissão por passageiro-quilómetro e, mesmo assim, não deixam de ser os preferenciais para a maioria das deslocações. Os transportes marítimos também têm, de modo geral, fatores de emissão por passageiro-quilómetro bastante consideráveis, porém a quantidade de vezes que foram utilizados (apenas 11 viagens em 2019) leva a crer que não é uma questão tão urgente. Além disso, o trajeto entre Setúbal e a península de Troia também pode ser realizada por via rodoviária em alternativa, solução que leva novamente ao problema das emissões associadas a esse tipo de transporte.

Alternativas para os transportes rodoviários

As viagens realizadas em carros pessoais dos docentes e investigadores foram na maioria dos casos, segundo os dados obtidos, para recolha de material biológico para pesquisas, mas também para trabalho de campo, instalação e recolha de equipamentos de medição, observação de pontos de amostragem, recolha de dados de estações sísmicas digitais, idas a reuniões, conferências, workshops e palestras, etc. Apesar de não ter sido disponibilizada nenhuma informação acerca dos tipos de carros utilizados supõe-se que nem todos sejam de tecnologia mais recente como da categoria EURO IV, veículos totalmente elétricos ou veículos híbridos, e também não se obteve informação em relação à quantidade de passageiros transportados nos veículos durante a viagem de trabalho. Desta forma a alternativa mais óbvia seria incentivar o corpo docente a utilizar os transportes públicos coletivos para realizar essas viagens, contudo os locais de destino dessas viagens, principalmente no caso da recolha de amostras e instalação de equipamentos de medição, costumam ser áreas remotas onde os serviços da rede de transportes públicos não chegam.

Posto isto, uma alternativa mais viável seria a aquisição de uma frota de veículos 100% elétricos, híbridos ou com tecnologia mais recente, pela FCUL, que seria disponibilizada aos funcionários, incluindo naturalmente os investigadores e docentes, para realização de viagens deste género. O gerenciamento de horários e datas de utilização poderia ser feito por meio de um aplicativo ou uma plataforma interna onde estariam listadas as datas de disponibilidade e os funcionários utilizariam desse meio para marcar previamente o período durante o qual precisariam dos veículos. Talvez a principal dificuldade para implementação deste projeto seja o custo inicial de aquisição dos veículos. Todavia acredita-se que a médio ou longo prazo esse gasto seria compensado, uma vez que todos os gastos com combustível nas deslocações em carros próprios são reembolsados pela FCUL, aos funcionários. No que concerne às deslocações para participação em reuniões, uma alternativa bastante simples seria a realização dessas reuniões em plataformas *online* já existentes.

Em relação às viagens de táxi, grande parte foi em deslocações entre aeroportos e os locais de hospedagem. Uma solução prática seria incentivar docentes e investigadores a utilizar transportes coletivos como comboio e metro para essas deslocações, posto que na Europa, e principalmente nas cidades onde ocorreram as viagens, os aeroportos têm disponíveis estações de transportes público que fazem ligações com o centro da cidade.

Alternativas às viagens aéreas

O avião é dos meios de transporte mais poluentes atualmente, por essa razão é aconselhado usar outras alternativas sempre que possível. Em alguns casos como em viagens intercontinentais não existem outras alternativas mais viáveis, não obstante em viagens dentro da Europa por exemplo, existem alternativas que devem ser levadas em consideração.

Uma delas consiste nos comboios, pois existe uma vasta oferta de ligações ferroviárias entre diversos países europeus e apesar de muitas vezes as passagens aéreas serem mais baratas devido à elevada oferta de companhias *low cost*, as passagens de comboio, quando adquiridas com certa antecedência, ficam por preços bastante acessíveis.

Por outro lado, deslocações aéreas por motivos de participação em conferências, workshops, etc, podem ter alternativas. Uma das soluções, já citada anteriormente, consiste na criação de uma plataforma ou de um website que permitem que palestras possam ser disponibilizadas em formato de vídeo e essas conferências possam acontecer virtualmente, com espaço para perguntas e respostas, possibilitando debates e trocas de ideias em forma de comentários. A possibilidade de os vídeos serem legendados em diversos idiomas e de poderem ser assistidos em qualquer horário e de qualquer parte do mundo, consiste numa das maiores vantagens desta alternativa.

Alternativas para companhias de transportes

A renovação da frota de veículos pelas companhias de transporte é uma solução que não depende da FCUL, mas através da qual a faculdade se beneficiaria tanto na redução de emissões em deslocações em trabalho como em deslocações de funcionários e alunos de e para a faculdade durante o ano letivo. Não só a FCUL como diversas outras instituições e indivíduos particulares seriam beneficiados nas suas deslocações quotidianas para mais variados motivos. Aos poucos, a substituição dos veículos vem acontecendo, todavia ainda há um longo caminho a ser percorrido para atingir as emissões zero.

Capítulo 7 - Conclusões

Em virtude dos fatos que foram mencionados ao longo deste trabalho conclui-se que os modos de transporte utilizados pelos docentes e investigadores poderiam, em certos casos, ser substituídos por outras formas de viagens mais eficientes e sustentáveis, salvo em determinados casos onde o seu uso seria inevitável, como quando se trata de viagens intercontinentais onde a opção de transporte mais viável (ou mesmo a única opção) é o avião.

Em consequência disso, a FCUL registou uma emissão anual em torno de 319 toneladas de CO_{2eq} que equivalem, como já foi mencionado anteriormente, a 0,568 toneladas de CO_{2eq}.

Infelizmente não existem dados da FCUL relativos a este tipo de emissões (scope 3) de anos anteriores, que possam ser comparados com os resultados obtidos neste estudo e mesmo em outras universidades do país, não há quase nenhuma informação relativa a emissões de viagens em trabalho que possam ser usados para comparação. Contudo, comparando com as emissões do scope 1 e 2 da FCUL, calculados entre 2014 e 2017, foi possível concluir que as emissões apuradas neste trabalho correspondem a cerca de 10 a 15% do total das emissões de CO_{2eq} previamente identificadas (scope 1 e scope 2).

Em contrapartida, fez-se uma comparação de emissões *per capita* registadas na FCUL, em Portugal e na Europa.

TABELA 7.1: EMISSÕES PER CAPITA

	FCUL (2019)	Portugal (2018)	EU-27 (2018)
Emissões totais [tonCO _{2eq}]	319	17200000 [14]	1097000000 [13]
População	562	10283800 [46]	446327501 [47]
Emissões per capita	0,568	1,67	2,46

Vale salientar que as emissões associadas à FCUL apresentadas neste trabalho, só consideram as emissões inseridas na categoria 6 do *scope 3* do *GHG Protocol*, que é referente a viagens em trabalho. Outras categorias como categoria 7, que diz respeito a viagens de funcionários e alunos entre as suas residências e a faculdade, ou outras emissões incluídas no *scope 1* e *2* não foram contabilizadas neste estudo. As emissões em Portugal e na Europa são referentes a todo o sector de transportes, daí a diferença na ordem de grandeza em relação às emissões *per capita* da FCUL.

A Universidade de Cambridge realizou um estudo onde também contabilizou as emissões do *scope 3* da universidade onde incluiu também as emissões associadas a viagens de trabalho realizadas entre 2012 e 2013. Para esta categoria estimaram emissões em torno de 15485 toneladas de CO_{2eq}, sendo as viagens aéreas responsáveis por 95% das emissões (84% em viagens de longa distância e 11% em viagens de curta distância) [48]. Dividindo as emissões pela média de docentes e investigadores contratados da universidade entre 2012 e 2013 [49], obteve-se um valor de 1,85 toneladas de CO_{2eq}, valor três vezes superior ao da FCUL (0,568 toneladas de CO_{2eq}).

Em suma, as emissões associadas a viagens de trabalho apesar de representarem uma pequena percentagem do inventário completo de emissões de uma instituição, contribuem com uma quantidade muito significativa de emissões de GEE. A Faculdade de Ciências deve assumir um compromisso em reduzir as emissões de todas as fontes onde for possível e compensar as emissões onde não for possível reduzir mais. Muitas soluções, em várias áreas, já foram implementadas no campus e algumas soluções foram mencionadas no capítulo anterior, mas ideias boas nunca são demais. Tanto os alunos quanto os

funcionários podem sugerir soluções nesse sentido para tornar o campus da FCUL numa referência nacional, e talvez mundial, de sustentabilidade.

Quanto às companhias de transportes, deve prosseguir-se o objetivo de assegurar uma mobilidade sustentável, ou seja, criar as condições necessárias para que se possa exercer através de modos de transporte sustentáveis, deslocações cuja produção tenha os menores impactes ambientais possíveis. Para que tal objetivo seja atingido, é necessário aumentar o recurso a energias de fontes renováveis ou diminuir a dependência de combustíveis fósseis, cuja utilização tem fortes impactes sobre o ambiente. Também é preciso garantir que a oferta de uma mobilidade sustentável tenha custos social e economicamente aceitáveis pela população, e que garantam uma relativa equidade de acesso a toda a população.

Referências Bibliográficas

- [1] A. L. Junges, V. Y. Santos, and N. T. Massoni, “EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL A PARTIR DA FÍSICA PARA EDUCAÇÃO BÁSICA,” Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.
- [2] R. K. Pachauri, L. Meyer, and T. C. W. Team, “Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers,” Geneva, 2014. [Online]. Available: https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf.
- [3] UpKeep, “What Are the 4 Industrial Revolutions?,” *iED*, 2019. <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/> (accessed Oct. 29, 2020).
- [4] T. Storme, J. V. Beaverstock, B. Derrudder, J. R. Faulconbridge, and F. Witlox, “How to cope with mobility expectations in academia: Individual travel strategies of tenured academics at Ghent University, Flanders,” *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 9, pp. 12–20, 2013, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rtbm.2013.05.004>.
- [5] C. R. Sugimoto, N. Robinson-Garcia, D. S. Murray, A. Yegros-Yegros, R. Costas, and V. Larivière, “Scientists have most impact when they’re free to move,” *Nature*, vol. 550, no. 7674, pp. 29–31, 2017.
- [6] K. Hiltner, “A NEARLY CARBON-NEUTRAL CONFERENCE MODEL OVERVIEW / PRACTICAL GUIDE.” <https://hiltner.english.ucsb.edu/index.php/ncnc-guide/> (accessed Sep. 30, 2020).
- [7] S. Gunster, D. Fleet, M. Paterson, and P. Saurette, “Climate Hypocrisies: A Comparative Study of News Discourse,” *Environ. Commun.*, vol. 12, no. 6, pp. 773–793, 2018.
- [8] “Eficiência Energética,” *FCUL*. <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/eficiencia-energetica> (accessed Oct. 15, 2020).
- [9] “Gestão de água,” *FCUL*. <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/gestao-de-agua> (accessed Oct. 15, 2020).
- [10] “Gestão de resíduos,” *FCUL*. <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/gestao-de-residuos> (accessed Oct. 15, 2020).
- [11] “Emissões de gases de efeito estufa,” *FCUL*. <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/emissoes-de-gases-de-efeito-de-estufa> (accessed Oct. 15, 2020).
- [12] B. Bednar-Friedl *et al.*, “Transport,” 2015. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf.
- [13] “Greenhouse gas emissions from transport in Europe,” *EEA*, 2019. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12> (accessed Dec. 20, 2020).
- [14] APA, “Inventário Nacional de Emissões 2020 Objetivos e metas,” 2020. [Online]. Available: https://apambiente.pt/_zdata/Inventario/20200414/200420memo_emisses2018_FINAL.pdf.

- [15] UNEP, “Greening Universities Toolkit: Transforming universities into green and sustainable campuses,” 2013. [Online]. Available: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11273/Greening_unis_toolkit_Single_Page.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [16] APPA, “Practical Guide to Reducing the Campus Carbon Footprint.” p. 36, 2009, [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED506289.pdf>.
- [17] D. Reay, C. Sabine, P. Smith, and G. Hymus, “Climate Change 2007 Synthesis Report,” 2007. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf.
- [18] Greenhouse Gas Protocol, “Corporate Value Chain (Scope 3) Standard.” p. 156, [Online]. Available: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard-EReader_041613_0.pdf.
- [19] “Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0),” *GREENHOUSE GAS PROTOCOL*. p. 182, 2013, [Online]. Available: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf.
- [20] “CO2 emissions from new passenger cars in the EU, by country,” *ACEA*, 2020. <https://www.acea.be/statistics/article/new-car-co2-emissions> (accessed Feb. 21, 2021).
- [21] J. Liu, Q. Yang, Y. Zhang, W. Sun, and Y. Xu, “2019 GOVERNMENT GREENHOUSE GAS CONVERSION FACTORS FOR COMPANY REPORTING Methodology Paper for Emission Factors Final Report,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, 2019, [Online]. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/904215/2019-ghg-conversion-factors-methodology-v01-02.pdf.
- [22] G. Archer, T. Earl, E. Bannon, J. Poliscanova, N. Muzi, and S. Alexandridou, “CO2 Emissions From Cars: The facts,” 2018. [Online]. Available: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf.
- [23] ICCT, “Light-Duty Vehicle Efficiency Standards Mexico,” *Light. Veh. Effic. Stand.*, vol. 1, no. December, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: https://theicct.org/sites/default/files/Mexico_PVstds-facts_jan2015.pdf.
- [24] ICCT, “Light-Duty Vehicle Efficiency Standards - Japan,” *Light. Veh. Effic. Stand.*, vol. 1, no. December, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: https://theicct.org/sites/default/files/Japan_PVstds-facts_jan2015.pdf.
- [25] US EPA, “Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle,” no. September 2011, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100U8YT.pdf>.
- [26] ICCT, “Light-Duty Vehicle Efficiency Standards - Canada,” *Light. Veh. Effic. Stand.*, vol. 1, no. December, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: https://theicct.org/sites/default/files/Canada_PVstds-facts_jan2015.pdf.
- [27] ICCT, “Light-Duty Vehicle Efficiency Standards - China,” *Light. Veh. Effic. Stand.*, vol. 1, no. December, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available:

https://theicct.org/sites/default/files/China_PVstds-facts_dec2014.pdf.

- [28] M. Şenzeybek and P. Mock, “Passenger Car Emissions in Turkey: a Baseline Analysis of Current Vehicle Taxation Policies in Turkey and Their Impact on New and Used Passenger Cars,” no. April, 2019, [Online]. Available: https://theicct.org/sites/default/files/publications/Passenger_Car_Emissions_Turkey_20190329.pdf.
- [29] J. Larsson, A. Kamb, J. Nässén, and J. Åkerman, “Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country’s residents methodological development and application for Sweden,” *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 72, no. August 2017, pp. 137–144, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.013>.
- [30] J. Pleschberger and T. Bizarro, “Os segredos da cidade ‘mais verde’ do mundo,” *euronews*, 2020. <https://pt.euronews.com/2020/05/12/os-segredos-da-cidade-mais-verde-do-mundo> (accessed Mar. 23, 2021).
- [31] CP, “Relatório de Sustentabilidade 2019.” [Online]. Available: https://www.cp.pt/StaticFiles/Institucional/2_gestao_sustentavel/1_RelatoriosSustentabilidade/relatorio-de-sustentabilidade-2019.pdf.
- [32] SNCB, “Émissions de CO2 du trafic ferroviaire,” vol. 2, 2014, [Online]. Available: https://www.belgianrail.be/fr/corporate/Durabilite/~/_media/1FC18DF0F61E41AEBEA3C65A0BEC79C5.ashx?fbclid=IwAR3Jpxjannn6crpzXuxjL-XIj-_UiSj_-2wz6oHbsCV_9kqKAvizgEUtsPY.
- [33] IEA and UIC, “Railway handbook 2017 Energy consumption and CO2 emissions focus on rail passenger services,” 2017. [Online]. Available: https://uic.org/IMG/pdf/handbook_iea-uic_2017_web3.pdf.
- [34] H. Poelman, “Towards harmonised indicators on access to urban public transport in Europe,” no. November, 2016, [Online]. Available: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/conferences/udn_brussels_2016/7.1_Hugo_Poelman_Regio.pdf.
- [35] Metropolitano de Lisboa, “Relatório de Sustentabilidade,” Lisboa, 2016. [Online]. Available: https://www.metrolisboa.pt/institucional/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/MetropolitanodeLisboa_RelatoriodeSustentabilidade2016.pdf.
- [36] Metro do Porto, “Relatório anual de Sustentabilidade 2018,” Porto, 2018. [Online]. Available: <https://www.metrodoporto.pt/uploads/document/file/486/RS2018.pdf>.
- [37] Metro de Madrid, “Metro de Madrid, sustainable movement,” Madrid, 2019. [Online]. Available: <https://www.metromadrid.es/sites/default/files/documentos/Responsabilidad corporativa/ENINFORMEANUALMETRODEMADRIDACCESIBLE.pdf>.
- [38] Transport for London, “London Underground Carbon Footprint Report 2008,” pp. 1–33, 2008, [Online]. Available: <https://content.tfl.gov.uk/london-underground-carbon-footprint-2008.pdf>.
- [39] Wiener Linien, “Der ökologische Fußabdruck im Verkehr,” 2014, [Online]. Available: https://www.wienerlinien.at/media/files/2014/wl_oekologischer_fussabdruck_54089.pdf.

- [40] “Report from the Head of Environment of Deutsche Bahn Facts and figures on,” 2016, [Online]. Available: https://www.deutschebahn.com/resource/blob/1177682/f3c7c9bc0d0766230e64d0464f299b56/report_environmental-data.pdf.
- [41] “Rotas & Horários,” *CVInterilhas*. <https://www.cvinterilhas.cv/routesschedules> (accessed Feb. 15, 2021).
- [42] CVInterilhas, “Programação das Viagens CV Interilhas.” pp. 10–11, 2021, [Online]. Available: <https://www.cvinterilhas.cv/css/pdf/horarios.pdf>.
- [43] “Services - Fleet,” *CV Interilhas*. <https://www.cvinterilhas.cv/fleet> (accessed Feb. 15, 2021).
- [44] “Atlantic Ferries.” <https://www.atlanticferries.pt/> (accessed Feb. 15, 2021).
- [45] “Estatísticas,” *FCUL*. <https://ciencias.ulisboa.pt/pt/estatisticas> (accessed Oct. 15, 2020).
- [46] “População residente, média anual: total e por sexo,” *PORDATA*. <https://www.pordata.pt/Portugal/População+residente++média+anual+total+e+por+sexo+o-6> (accessed Apr. 14, 2021).
- [47] “População residente: média anual Que países têm mais e menos pessoas?,” *PORDATA*, 2021. <https://www.pordata.pt/Europa/População+residente+média+anual-1951> (accessed Apr. 14, 2021).
- [48] E. Woodhouse and K. Couling, “University of Cambridge Footprinting and Analysis of Scope 3 Emissions,” 2014. [Online]. Available: https://www.environment.admin.cam.ac.uk/files/university_of_cambridge_scope_3_element_1_final.pdf.
- [49] University of Cambridge, “Facts and Figures January 2015.” p. 1, 2015, [Online]. Available: https://www.information-hub.admin.cam.ac.uk/files/facts_figures_2015_poster_for_web.pdf.